Ortsteinstudien
im oberen Murgtal (Schwarzwald).

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen staatswissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Tübingen

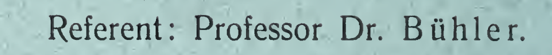
vorgelegt von

Max Münst

aus

Tübingen.

Stuttgart.
1910.



Referent: Professor Dr. Bühler.

Mitteilungen der Geologischen Abteilung des K. Statistischen Landesamtes.
No. 8. 1910.

Ortsteinstudien im oberen Murgtal (Schwarzwald).

Von Max Münst.

Mit 1 Textfigur und 1 Tafel.

Inhalt.

Einleitung.

Wohl eine der frühesten Erwähnungen des Ortsteines in der deutschen Literatur findet sich nach Burckhardt[1] in der „Neuen Zeitung von gelehrten Sachen“, Leipzig, 5. März 1719, wo es heißt: „Der Ortstein besteht aus Leimen, Letten und Sand, welches ein eisenschüssiger vitriolischer Erdsaft sehr feste gehärtet hat, darum auch solches in den Gärten rajolet und über Kniestief umgearbeitet werden muß, wenn etwas Tüchtiges allda wachsen soll.“ Ferner steht nach einer gütigen Mitteilung von Prof. Dr. A. Bühler schon in dem Buche „Grundsätze der teutschen Landwirtschaft“ von Joh. Beckmann, Göttingen 1790, eine Notiz, die Seite 347 lautet: „man verhüte die Entstehung des Ortsteins in den Blößen und setze über ihm keine Bäume.“ Etwas früher, etwa um das Jahr 1760, begann

[1] Burckhardt, Säen und Pflanzen. 4. Aufl. 1870. S. 300.

die dänische Literatur sich mit dieser Erscheinung zu befassen[1]. An den verschiedenartigsten Erklärungsversuchen fehlte es nicht, wozu die lokal stark wechselnde Ausbildungsform — eine besonders charakteristische Eigenschaft des Ortsteins — reichlich Anlaß gab. Sie mußten aber alle scheitern, solange man nicht scharf zwischen Ortstein- und ähnlichen Bildungen, z. B. Raseneisenstein, unterschied, und die Ursachen nicht in Faktoren suchte, die überall gleichermaßen Geltung haben. Unter anderem wurde z. B. der Bleichsand für eine Flugsandbildung gehalten, welche den Heidetorf überlagert und letzteren mit der Zeit zum Ortstein umgewandelt haben sollte. Durch ihre Originalität bemerkenswert ist die Auffassung des Bleichsandes als eine durch die Vegetation bewirkte Neuquarzbildung. Der Ortstein wurde für eine Eisenkonkretion gehalten, oder es wurde das Eisen neben anderen in Betracht kommenden Stoffen als der für die Verkittung notwendigste angesehen. Den nachhaltigsten Einfluß gewann aber ums Jahr 1835 die Ansicht des Dänen FORCHHAMMER[2]: „Die Ortsteinschicht verdankt ihre Entstehung einer Wasserbedeckung, wodurch eine Menge früher gebildeter Torfmoore zerstört wurden, die ausgeschwemmte Torfmasse mit dem Eisen der Unterschicht in Verbindung trat und das Bindemittel des Ortsteins bildete.“ Der über dem Ortstein lagernde Bleichsand war demnach eine im ruhigen Wasser abgelagerte Sandschicht. Damit war die ganze Bildung abgeschlossen und keiner Weiterbildung fähig.

Erst durch die Untersuchungen von EMEIS, MÜLLER und RAMANN wurde die Naturgeschichte des nordeuropäischen Ortsteins in fast allen wichtigeren Punkten klargelegt. Ihnen verdanken wir die Erkenntnis des gesetzmäßigen genetischen Zusammenhangs zwischen Vegetationsform, Bleichsand- und Ortsteinbildung. Ihre Resultate lassen sich kurz folgendermaßen zusammenfassen: Der Ortstein ist eine Verkittung der Bodenbestandteile durch humussaure Salze. Letztere bilden sich in der unmittelbar aufgelagerten Bodenschicht unter Einwirkung der Humussäuren und erzeugen dadurch die Bleichsandschicht. Jede Ortsteinbildung hat daher zur Voraussetzung eine Rohhumus- bezw. Trockentorfbildung. Diese ist das e i n e extreme Endglied der Humusbildung, deren a n d e r e s die Mullbildung ist. Nach welcher der beiden Richtungen hin die Humusbildung

---

[1] Siehe P. E. MÜLLER, Die natürl. Humusformen. Berlin 1887. S. 247.
[2] P. E. MÜLLER, a. a. O. p. 249 ff.

stattfindet, ist bedingt durch die sogenannte Bodenfauna, die ihrerseits — wie alles Leben — abhängig ist von den allgemeinen Faktoren Feuchtigkeit, Wärme und Luft.

Während Emeis und Müller durch ihre langjährigen Beobachtungen in den Heiden Schleswig-Holsteins, Jütlands und Dänemarks mehr die äußeren Bedingungen und Umstände erforschten, gebührt in erster Linie Ramann, dann Schütze, Tuxen und Helbig das Verdienst, die chemischen Vorgänge bei der Ortsteinbildung untersucht zu haben.

Im Schwarzwald wurde die Ortsteinbildung erst ziemlich spät, und zwar zuerst durch Oberforstrat Siefert[1] i. J. 1899 im Rippoldsauer Reviere nachgewiesen. Mit Prof. Sauer (damals noch in Baden) wurden Erhebungen daselbst ausgeführt und auf der 2. Hauptversammlung des Deutschen Forstvereins in Regensburg i. J. 1901 erfolgte dann ein Bericht von seiten des Oberforstrats Siefert. Aus dem Norden sind die schweren Schädigungen der Forst- und Landwirtschaft durch Ortstein bekannt, und begreiflich ist daher das große Interesse, das ihm auch bei uns sofort zugewendet wurde. Oberforstrat Siefert verschickte Fragebogen, deren Ergebnis war, daß Ortsteinbildungen im Schwarzwald, Odenwald, in den Vogesen, im Pfälzerwald und Rheintal vorkommen, und daß sie viel verbreiteter sind, als im voraus anzunehmen war. Als im Jahre 1903 die neue württembergische geologische Landesaufnahme ins Leben gerufen wurde, galt es, bei der Kartierung der Bodenverhältnisse nach den in Württemberg eingeführten Methoden diese eigentümliche Bodenentartung besonders zu berücksichtigen und zugleich chemisch zu erforschen.

Von der kgl. Forstdirektion wurde mir die Erlaubnis erteilt, mich mit bodenkundlichen Fragen bei der Geologischen Landesanstalt zu beschäftigen und von dem Vorstand der letzteren erhielt ich, nachdem gewisse Vorarbeiten erledigt waren, den Auftrag, mich der chemischen Untersuchung des Ortsteins zu widmen.

Begonnen wurden die Arbeiten im Winter 1907, unterbrochen im Frühjahr 1908 durch Arbeiten für die Ausstellung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft zu Cannstatt im Juni 1908, fortgesetzt und zum vorläufigen Abschluß gebracht im Winter 1908/09. Ein

---

[1] Bericht über die zweite Hauptversammlung des Deutschen Forstvereins zu Regensburg. 1901. S. 170.

dreiwöchentlicher Aufenthalt im oberen Murgtal diente dazu, den Ortstein an Ort und Stelle kennen zu lernen.

Aus dem Schwarzwald besitzen wir bis jetzt nur eine Analyse, und zwar die eines Granitortsteinprofils, von M. Helbig, veröffentlicht in der Naturwissenschaftlichen Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft 1909, Heft 1. Um aber bei einem Gebilde von so wechselnder Zusammensetzung, wie es der Ortstein ist, zu einer einigermaßen sicheren Diskussion der Analysen zu gelangen, erschien es nötig, eine breitere chemische Grundlage zu schaffen, d. h. das Analysenmaterial in erster Linie zu vermehren und auf verschiedenartige Vorkommnisse auszudehnen und zugleich die Methode der chemischen Untersuchung dem eigenartigen Untersuchungsobjekt mehr anzupassen als bisher und dieselbe zu vervollständigen. Es wird sich unten zeigen, daß der bisherigen chemischen Untersuchung verschiedene Mängel anhaften.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle meiner vorgesetzten Behörde der kgl. Forstdirektion aufrichtigen Dank zu sagen dafür, daß sie mir Gelegenheit gab, mich mit einer bodenkundlich wie forstwirtschaftlich so interessanten Aufgabe beschäftigen zu können. Ebenso fühle ich mich zu Dank verpflichtet gegen Herrn Prof. Dr. A. Sauer für die Zuweisung der Arbeit und mancherlei Anregung während derselben, wie sie mir gleichfalls von Herrn Prof. Dr. A. Bühler zuteil wurde, wofür ich auch diesem herzlichsten Dank schulde.

I. Chemische Untersuchungsmethoden.

Die chemische Untersuchung des Ortsteins bietet mancherlei Schwierigkeiten. Diese liegen in der Eigentümlichkeit des Ortsteins. Derselbe wird als eine Verkittung der Bodenbestandteile durch humussaure Stoffe angesehen. Wir haben demnach zwei verschiedene Stoffgruppen in demselben vereinigt, von denen die eine organischen, die andere anorganischen Urprungs ist.

Leider ist heutzutage die chemische Kenntnis der Humusstoffe und speziell der hier in Betracht kommenden sogenannten Humussäuren noch so gering, daß wir auf ihre eigentliche Untersuchung verzichten müssen. Wir können wohl eine Elementaranalyse ausführen und nachweisen, daß sie kohlenstoffreichere und wasserstoffärmere Verbindungen sind als ihre Ausgangsmaterialien, daß sich außer organischen Stoffen auch anorganische an ihrem Aufbau beteiligen und daß sie einen bemerkenswerten Gehalt an Stickstoff

besitzen; wir können diese oder jene Eigenschaft fesstellen, z. B. ihre große Wasseraufnahmefähigkeit, ihr Verhalten gegenüber den verschiedenen Lösungs- und Fällungsmitteln, ihre Fähigkeit, Silikate, Phosphate, Karbonate aufzuschließen, aber von einer genauen Kenntnis der Natur der Humusstoffe sind wir noch weit entfernt. Die neuesten Untersuchungen[1] haben die bisherige Ansicht, daß die Humussäuren wirkliche organische Säuren sind und als solche humussaure Salze — Humate — bilden können, in Frage gestellt, dagegen aber ihre kolloide Natur sehr wahrscheinlich gemacht. Nach dieser Vorstellung ist das Vorhandensein freier Humussäure im Boden fraglich und bis jetzt mit zwingenden Beweisen nicht sichergestellt. Der Säurecharakter der Humussäuren wäre durch kolloide Reaktionen zu erklären und ihre Salze wären als kolloidale Absorptionsverbindungen aufzufassen. Mit aller Sicherheit aber ist nachgewiesen, daß die sogenannten Humussäuren keine chemische Verbindungen von bestimmter Zusammensetzung sind und daß ihnen daher auch keine Konstitutionsformel zukommt.

Die eingehendere Untersuchung der organischen Bestandteile im Ortstein ist demnach ausgeschlossen. Da aber auch die Anwesenheit derselben in dem salzsauren Bodenauszug bei den Trennungen sehr störend ist, erschien es mir nötig, dieselben wie einen lästigen Nebenbestandteil, auf irgend eine für die nachfolgende quantitative Analyse möglichst unschädliche Form aus dem lufttrockenen Boden zu beseitigen und aus dem so vorbereiteten Boden den zur Analyse bestimmten salzsauren Auszug herzustellen. Das ist heute noch ein offenbarer Übelstand. Denn wir werden damit einer ganzen Stoffgruppe nicht gerecht, die bei der Ortsteinbildung die wichtigste Rolle spielt.

In der bisherigen Praxis der Ortsteinuntersuchung ist meist folgendes Verfahren eingehalten worden: zuerst Herstellung des salzsauren Auszuges aus dem lufttrockenen Boden und erst dann Beseitigung der in Lösung gegangenen Humate aus der salzsauren Lösung. Um zu entscheiden, ob der erste oder zweite Weg der zweckmäßigere ist, wurden beide von mir geprüft. Der Übersichtlichkeit wegen wollen wir die verschiedenen Verfahren, welche zur Anwendung gekommen sind, den obigen Ausführungen entsprechend, in zwei Gruppen teilen.

---

[1] Untersuchungen über die Humussäuren von Dr. A. Baumann. Mitteilungen der K. Bayr. Moorkulturanstalt. 1909. Heft 3.

Gruppe I. Beseitigung der organischen Substanz aus dem salzsauren Bodenauszug

a) durch Eindampfen mit HCl
b) „ Behandeln „ HNO_3
c) „ „ „ H_2O_2
d) „ „ „ $H_2SO_4 + HF$.

Gruppe II. Beseitigung der organischen Substanz aus dem lufttrockenen Boden

a) durch Glühen
b) „ Abrauchen mit NH_4NO_3
c) „ Extraktion mit Weinsäure.

Das nächstliegende und bei der chemischen Bodenanalyse übliche Verfahren ist, den lufttrockenen Boden mit Salzsäure auszuziehen. Dabei geht, wie früher erwähnt, ein Teil der humussauren Substanzen in Lösung, äußerlich erkennbar an der dunkelweinroten Farbe der Lösung. Da organische Stoffe in dem Trennungsgang anorganischer Stoffe nicht bloß störend wirken, z. B. hier durch Erschwerung des Filtrierens und Auswaschens, sondern auch Anlaß geben können zu Fehlerquellen, so müssen sie beseitigt werden. So ist es z. B. unmöglich, die Kieselsäure abzuscheiden, weil die gelösten organischen Stoffe beim Eindampfen der salzsauren Lösung eine Gallerte bilden, die bei der zulässigen Höchsttemperatur von 120° C nicht zur Trockene gebracht werden kann.

Die organische Substanz durch wiederholtes Eindampfen und Wiederaufnehmen mit Salzsäure gänzlich zur Abscheidung zu bringen. glückte nicht. Ebensowenig der Versuch, dieselbe durch Oxydation mit rauchender Salpetersäure zu zerstören. Die vorher schwärzliche Gallerte wurde braunrot, schwammig porös. Diese Umstände sowie die dabei auftretende Gasentwicklung ließen statt einer Zerstörung ein anderweitiges Umwandlungsprodukt vermuten.

M. Helbig in Karlsruhe wandte Wasserstoffsuperoxyd an. Über das Ergebnis sagt er[1]: „Tropfenweise Zugabe von Wasserstoffsuperoxyd hatte besseren Erfolg“ (nämlich als Salpetersäure), „nur muß man dabei vorsichtig zu Werke gehen, indem sonst das Aufschäumen der Masse Substanzverluste zur Folge haben könnte.“ Über die schädliche Wirkung anwesender organischer Stoffe äußert er sich

[1] Über Ortstein im Gebiete des Granites von. M. Helbig. Naturwissensch. Zeitschr. für Forst- und Landwirtschaft. 1909. 1. Heft.

weiter: „Sind die in der salzsauren Lösung enthaltenen Mengen organischer Stoffe noch irgendwie beträchtlich, wird auch die Eisenbestimmung auf titrimetrischem Wege unsicher. . . . . Auch bei der SO_3 Bestimmung ist ähnliches zu beachten." Wie das Vorhandensein organischer Substanz verhängnisvoll ist für die titrimetrische Bestimmung des Eisens, so ist sie es auch für die gravimetrische Bestimmung der Tonerde. Denn die Fällung von $Al(OH)_3$ wird durch organische Körper infolge der Bildung komplexer Kationen verhindert oder mindestens beeinträchtigt. Abgesehen von der experimentellen Schwierigkeit scheint es mir nach meinen Versuchen überhaupt fraglich zu sein, ob sich durch dieses Verfahren die organische Substanz beseitigen läßt. Der Farbenumschlag ist nicht maßgebend. Denn auch in der farblosen bis schwachgelben Lösung war stets organische Substanz nachweisbar.

Von diesen Nachteilen frei ist die Methode von R. Gans[1]. Nach ihm wird der salzsaure Auszug in einer Platinschale unter Zusatz von Flußsäure und Schwefelsäure auf dem Wasserbad zur Trockene eingedampft und zur Vertreibung des Siliciumfluorides schwach geglüht. Dabei wird durch die Schwefelsäure auch die organische Substanz sicher zerstört. Aber die Bestimmungen der Kieselsäure und Schwefelsäure sind unmöglich. Ferner erhält man an Stelle der Chloride Sulfate und begibt sich damit eines wesentlichen Vorteils bei den Trennungen. Und drittens ist auch diese Methode mit einer Fehlerquelle behaftet. Beim Erhitzen des Trockenrückstandes wird nämlich außer der Kieselsäure auch ein Teil der Tonerde als Aluminiumfluorid verflüchtigt. Das Nähere ist zu finden in den Berichten der Deutsch. Chem. Gesellschaft 40. Jahrg. Heft 7. 1907. F. Willy Hinrichsen: Über die Bestimmung von Aluminium in Silikaten.

Wir kommen zu Gruppe II: Beseitigung der organischen Substanz aus dem lufttrockenen Boden. Hier wird aus dem lufttrockenen Boden zuerst die organische Substanz entfernt und dann erst aus dem so vorbereiteten Boden der salzsaure Auszug gewonnen. Man umgeht dadurch die Unbequemlichkeit, welche die Gegenwart organischer Stoffe in der salzsauren Lösung später mit sich bringt. Das einfachste Verfahren ist, den lufttrockenen Boden über einer Flamme zu erhitzen. Es stellte sich heraus, daß eine Zerstörung der organischen Substanz eintrat schon bei mäßigem Erhitzen, ohne daß

[1] Wahnschaffe, Wissenschaftl. Bodenuntersuchung. Berlin. 1903 S. 131.

die Platinschale ins Glühen kam. Durch die reichlich ausgeschiedene Kohle erhielt die Probe ein schwärzliches Aussehen. Ein salzsaurer Auszug der Probe ergab ein klares von organischen Stoffen freies Filtrat. Es zeigte sich jedoch, daß die in sehr feiner Form abgeschiedene Kohle das Filtrieren und Auswaschen sehr erschwerte. Die Bestimmungen der Humussubstanz und der Kieselsäure wurden zu ungenau. Endlich war man nicht sicher, ob der Boden nicht zu stark erhitzt wurde und dadurch in seinen Löslichkeitsverhältnissen beeinflußt wurde, indem Silikate aufgeschlossen, also löslicher, Tonerde und Eisenoxyd unlöslicher würden.

Ein zweites Verfahren der Beseitigung der organischen Substanz aus dem lufttrockenen Boden ist das Abrauchen desselben mit Ammoniumnitrat. Die Idee stammt von Prof. Dr. Sauer und hat sich als sehr brauchbar erwiesen. Zur richtigen Ausführung bedarf sie einiger Übung. Der in einem Porzellantiegel abgewogene Boden wird nach Bestimmung seines Wassergehaltes bei 110° C mit einer konzentrierten Ammonnitratlösung vorsichtig durchtränkt, damit nichts verstäubt, dann mit einem starken Platindraht zu einem dicken Brei angerührt und in dünner Schicht an der Wandung ausgebreitet. Der Tiegel wird nun bei lose aufgelegtem Deckel und schwach entleuchteter Bunsenflamme nur soweit erhitzt, daß die Dämpfe eben entweichen. Die Operation muß so oft wiederholt werden (1—5 mal), bis keine schwarze Teilchen mehr im Boden bemerkbar sind. Es läßt sich das leicht nachweisen, wenn beim Anfeuchten mit Ammonnitrat ein kleiner Teil des Bodens aufgeschlämmt wird. Nach dem letzten Abrauchen läßt man im Exsikkator erkalten und stellt durch eine zweite Wägung fest, wie viel der Boden an organischer Substanz plus Wasser verloren hat. Während des Abrauchens ist gut zu beobachten, wie die Farbe des Ortsteinbodens allmählich in die des normalen Bodens übergeht. Wie die teerartigen Beschläge auf dem Porzellandeckel zeigen, scheint nicht eine Verbrennung, sondern ein Abdestillieren — Verschwelung — der organischen Substanz stattzufinden. Die günstige Wirkung beruht wohl auf der Verwandtschaft des Ammonsalzes zu den Humusverbindungen, wie sie uns schon von Ammoniak als Lösungsmittel derartiger Stoffe bekannt ist. Von diesem Gesichtspunkt aus wäre es interessant, auch die Wirkung anderer Ammonsalze festzustellen. Das feuchte Abrauchen hat den Vorteil, daß keine allzustarke Erhitzung des Bodens eintritt, daß die Gasentwicklung langsam vor sich geht und keine feinsten Bodenteilchen mit sich reißt, und

drittens ist infolge der Durchtränkung die intensivste Wirkung gewährleistet. Zur Technik des Abrauchens mag noch einiges bemerkt sein: die Größe des Tiegels betrage ca. 6 cm Höhe, die Weite 6—7 cm, das Gewicht von Tiegel und Deckel ca. 50 g. Es darf nur mit so viel Ammonnitrat angefeuchtet werden, daß ein steifer Brei entsteht. Bei einem Zuviel muß der Überschuß auf dem Wasserbad eingedampft werden. Jedoch ist auch ein zu weitgehendes Eintrocknen zu vermeiden, weil sonst beim Abrauchen plötzlich ein starkes Glühen rasch die ganze Masse durchzieht, zugleich eine heftige Gasentwicklung eintritt und die feinere Erde in die Luft jagt. Das Abrauchen erfordert demnach die stete Aufmerksamkeit und geschieht am besten dadurch, daß der Brenner in die Hand genommen und der Tiegel durch eine fächelnde Flamme gleichmäßig erwärmt wird. Der auf diese Art behandelte Boden wird nach dem Wägen quantitativ aus dem Tiegel in eine Porzellanschale gebracht und mit Salzsäure ausgezogen.

Die Beschreibung des vorliegenden Verfahrens geschah etwas ausführlicher, weil es neu ist und für die nachfolgenden Analysen zugrunde gelegt wurde.

Von großem Interesse und manchem Vorteil gegenüber den bisherigen Methoden wäre es, ein Mittel zu besitzen, mit dem es gelänge, die Humusverbindungen aus dem Boden völlig zu extrahieren, um von den getrennten Stoffen jeden für sich untersuchen zu können. Von den von mir darauf geprüften Lösungsmitteln hat sich Weinsäure am wirksamsten erwiesen. Eine Granitortsteinprobe wurde mit Weinsäure im Überschuß versetzt. Die über dem Boden stehende Flüssigkeit färbte sich nach einigen Tagen dunkelweinrot, während der Boden seine normale Farbe annahm. Nach Abgießen der Lösung und Auswaschen des Bodens zeigte sich der letztere in der Hauptsache beim Erhitzen frei von organischer Substanz, nur der Tonschlamm der Probe färbte sich schwach dunkelgrau, was vielleicht auch auf absorbierte Weinsäure zurückzuführen ist. Der aus dem extrahierten Boden hergestellte salzsaure Auszug hatte die gewöhnliche hellgelbe Farbe. Die weitere Verfolgung der erst vor kurzem festgestellten Tatsache kann erst in späterer Zeit erfolgen. Anderweitige von mir angestellte Versuche, die analytischen Schwierigkeiten mittels Dialyse zu beheben, führten bis jetzt zu keinem Erfolg.

Wollen wir nun nach Besprechung der verschiedenen Verfahren dieselben einer Würdigung unterziehen, so ist zu sagen, daß

an sich der Gruppe I nach den Regeln der Bodenanalyse der Vorzug gebührte. Denn sie benutzt den lufttrockenen Boden zur Analyse, ohne ihn vorher irgendwie verändert zu haben. Wenn wir aber später durch Vergleich von Analysenresultaten verschiedener Herkunft zeigen können, daß die Ammonnitratbehandlung der Richtigkeit der Ergebnisse keinen Eintrag getan hat und daß diese Methode dabei eine Reihe von Vorteilen gewährt, so läßt es sich rechtfertigen, wenn wir, der Eigentümlichkeit des Ortsteins Rechnung tragend, von dem üblichen Wege abgewichen sind.

Bei Herstellung des salzsauren Bodenauszuges aus dem lufttrockenen Boden geht ein Teil der organischen Substanz in Lösung. Das Geschäft des Filtrierens und Auswaschens wird durch die schleimige Beschaffenheit des organischen Rückstandes sehr beeinträchtigt. Ist die Bestimmung der Kieselsäure im Filtrat schon schwierig, so ist das um so mehr der Fall bei Bestimmung der durch die Salzsäurebehandlung in Freiheit gesetzten, unlöslich zurückgebliebenen Kieselsäure des Bodenrückstandes. Denn beim Auskochen des letzteren mit kohlensaurem Natron und Natronlauge geht der größere Teil der Humusverbindungen in Lösung. M. Helbig hat diesen Teil der Kieselsäure nicht bestimmt, da er sich auf die Analyse des salzsauren Auszuges beschränkte, doch ist seine Kenntnis nach meiner Ansicht ganz wesentlich zur richtigen Beurteilung der Stoffwanderung bei der Ortsteinbildung. Die verschiedene Löslichkeit der Humusverbindungen in Salzsäure legt den Zweifel nahe, ob letztere überhaupt imstande ist, die Humate völlig aufzuschließen, oder wenigstens die an sie gebundenen anorganischen Stoffe in salzsäurelösliche Form zu bringen. Selbst den sehr energisch wirkenden Oxydationsmitteln gegenüber haben sie ihren Charakter als hochwertige Kohlenstoffverbindungen nicht verleugnet und sich als sehr widerstandsfähig gezeigt. Es ist bekannt, daß Humusstoffe erhebliche Mengen Stickstoff enthalten, aber in sehr schwer zersetzbarer Form, letzteres ist auch für die Phosphorsäure nachgewiesen[1] und genau das gleiche gilt für die Phosphorsäure des Ortsteins. Den analytischen Beweis, daß die Salzsäure nicht sämtliche an die Humate der Ortsteins gebundene Phosphorsäure zu lösen vermag, werden wir im nächsten Abschnitt bringen.

---

[1] Über Heidebodenanalysen von Emeis. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1901. S. 278. M. Schmöger in den Berichten der Deutsch. Chem. Gesellschaft. 26. S. 396. Tacke: Über eine eigentümliche Eigenschaft der Phosphorsäure im Moorboden. Mitteilg. d. Ver. zur Förderung der Moorkultur. No. 21.

Daraus ergeben sich als Vorteile der Ammonnitratbehandlung: Beseitigung der organischen Substanz von Anfang an; dadurch völlige Freigabe der an die Humusverbindungen gebundenen anorganischen Stoffe; Möglichkeit der Bestimmung sämtlicher Verbindungen in einem Gange und zwar in salzsaurer Lösung. Dazu kommt: das Gewicht des abgerauchten Bodens eignet sich nach meiner Ansicht besser zu der Berechnung der prozentischen Zusammensetzung der gelösten Stoffe als das des lufttrockenen Ortsteinbodens. Die organische Einlagerung ist sehr ungleichmäßig und steht nach den bisherigen Untersuchungen[1] in keinem Verhältnis zu der Menge der mineralischen Bestandteile. Durch Ausschaltung dieses variablen Faktors wird daher die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erhöht. Ferner gibt der Gewichtsverlust durch Abrauchen für die Menge der eingelagerten organischen Substanz einen ziemlich sicheren Maßstab, der jedenfalls genauer ist, als der durch das Glühen des Bodens erhaltene.

Auch für die mechanische Analyse des Ortsteins kann das Abrauchen von Bedeutung sein. Hier ist es ebenfalls die Humussubstanz, welche die Resultate beeinflußt. Durch Ausziehen mit Ammoniak gelingt es nicht, die Verkittung der Bodenteilchen völlig aufzuheben, wohl aber durch Behandeln mit Ammonnitrat, welches die Bodenbestandteile so gründlich von jeglicher organischen Hülle befreit, daß die Schlämmprodukte auch auf ihre petrographische Beschaffenheit geprüft werden können.

Es bleibt noch übrig nachzuweisen, daß das Abrauchen mit Ammonnitrat den Boden nicht wesentlich beeinflußt. Zu diesem Zweck wurde von zwei Proben des gleichen Ortsteins zur Zerstörung der organischen Substanz die eine, No. I, im Luftbad langsam und vorsichtig bis zum Eintritt der Dunkelfärbung erhitzt, die andere, No. II, mit Ammonnitrat abgeraucht, und dann jede mit verdünnter Salzsäure ausgezogen. Zur Kontrolle wurden je zwei Parallelanalysen ausgeführt. Bestimmt wurden nur Fe_2O_3 und $Al_2O_3 + P_2O_5$

	im Luftbad erhitzt		mit NH_4NO_3 abgeraucht	
	I		II	
	a	a'	b	b'
Fe_2O_3	1,56	1,45	1,49	1,85
$Al_2O_3 + P_2O_5$.	4,38	4,23	4,54	5,15

[1] Über die Ortsteinbildungen in der Provinz Westfalen von LEMCKE. Münster 1903.

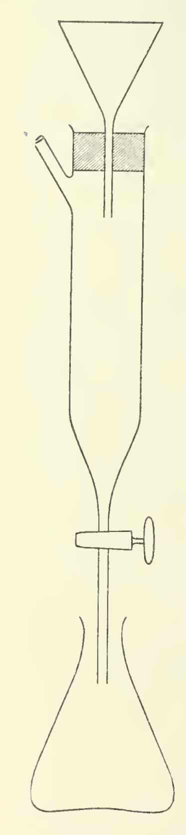
Ein Vergleich zwischen I und II ergibt, daß durch die Ammonnitratbehandlung tatsächlich keine wesentliche Veränderung des Bodens herbeigeführt wird. Die durchweg höheren Werte in IIb′ sind verursacht durch versuchsweise Anwendung einer stärkeren Säure.

Noch mehr Schwierigkeiten als die Beseitigung der organischen Substanz verursachte das Abfiltrieren des salzsauren Auszuges vom Bodenrückstand. Beim ersten Aufgießen ging die Flüssigkeit trüb durch das Filter. Die Poren desselben erwiesen sich als zu grob, um die feinsten Bodenteilchen zurückzuhalten. Nach einiger Zeit begann das Filtrat klar abzutropfen, die Poren hatten sich verstopft, das Abfiltrieren ging unendlich langsam vor sich. Begann nach einer harten Geduldsprobe das Auswaschen des Bodens, so mußte man gegen Ende dieser Operation, wenn der Boden von den löslichen Salzen nahezu befreit war, die Enttäuschung erfahren, daß das Filtrat von neuem sich trübte. Nicht alle Böden verhalten sich hierin gleich. Ohne ersichtlichen Grund geht das Filtrat des einen mehr, des anderen weniger, des dritten gar nicht trübe durch. Dieser Umstand hat die Lösung der Frage ziemlich erschwert, indem Mittel, die sich das eine Mal bewährten, das andere Mal versagten und von neuem in das Versuchsstadium zurückwarfen. In noch viel höherem Maße und ausnahmslos trat die Erscheinung des Trübedurchlaufens ein beim Abfiltrieren des kohlensauren Natronauszuges. Um nämlich die durch den salzsauren Auszug amorph abgeschiedene Kieselsäure vollständig in Lösung zu bringen, ist es nötig, den von seiner salzsauren Lösung befreiten Boden noch mit kohlensaurem Natron und Natronlauge kurze Zeit auszukochen. Eine Reihe von Versuchen wurde zur Behebung des Übelstandes angestellt, die, wenn sie auch immer ein negatives Ergebnis hatten, doch die Erkenntnis reiften, daß es sich um zwei verschiedene Dinge handelte, beim ersten Trübedurchlaufen um Suspensionen, beim zweiten, durch das Auswaschen bedingten, um kolloidale Lösungen[1]. Letzteres gibt uns eine Erklärung für die Tatsache, daß das salzsaure Filtrat das Trübedurchlaufen nicht oder in nur geringerem Maß, das alkalische kohlensaure Natronfiltrat aber immer und sehr stark zeigt. Das beim Auswaschen entstandene trübe Filtrat ist eine kolloide Tonlösung. Ton ist ein elektronegatives Kolloid und wird als solches durch

[1] Ich habe mich dabei an die ältere Anschauung gehalten. Neuerdings sucht man die Kolloidbildung durch die Suspensionstheorie zu erklären.

Säuren gefällt, durch Alkalien wieder in kolloide Lösung gebracht. Den Fingerzeig zu dieser Erklärung gab mir ein Aufsatz in der Zeitschrift „Baukeramik“ 1908 No. 6 „Über die Verflüssigung wasserarmer grobkörniger Schamottemassen“ von Dr. E. Weber. Vorher war ich sehr im unklaren und suchte dem Übelstand durch Verwendung immer festerer und dichterer Filtrierpapiere zu steuern. Das Filtriergeschäft dauerte eine Woche und das Ergebnis war ein trübes Filtrat. Ähnliche Erfahrungen beschreibt E. A. Mitscherlich in Fühling's landw. Zeitung 1906 Heft 11 in einem Aufsatz über „Die chemische Bodenanalyse.“ Darin sagt er: „Die Trennung der Salzlösung vom Boden ist mit die größte Schwierigkeit bei der Arbeit gewesen. Ich habe es lange mit Filtrieren durch Filtrierpapier versucht, aber es gelang nur in sehr vereinzelten Fällen eine klare Lösung zu erhalten.“ Anschließend daran gibt Mitscherlich verschiedene Mittel mit der Eigenschaft zu klären an z. B., gelatinöses Aluminiumhydrat, feinste Knochenkohle, aschenfreier Ruß, Kaolin und gebrannte Tonfilter. Zu diesen ließen sich noch hinzufügen: Elektrolyse, Zentrifugieren, Erhitzen, Einleiten von Kohlensäure, Zusatz von Elektrolyten. Alle diese Mittel sind nicht gleichermaßen zu gebrauchen, sondern müssen von Fall zu Fall ausgewählt und probiert werden. z. B. ist für unsere Zwecke Aluminiumhydrat wegen seiner Löslichkeit in Salzsäure wie in Natronlauge ausgeschlossen. Knochenkohlen und Ruß sind umständlich rein herzustellen und würden infolge ihrer feinen Verteilung und dadurch bewirkten großen Absorptionsfähigkeit einen Teil der löslichen Salze zurückhalten. Das Erhitzen versagte, ebenso das Einleiten von Kohlensäure, während G. Bodländer in einem Aufsatz „Versuche über Suspensionen von Kaolin in Wasser und deren Klärung durch Zusätze löslicher Stoffe“ im Neuen Jahrb. für Min. etc. II. 147 feststellt, daß auch Kohlensäure die Klärung bewirkt. Elektrolyse und Zentrifugieren konnte ich nicht erproben, sie erfordern besondere Einrichtungen, die mir nicht zu Gebote standen. So blieb nur noch der Zusatz von Elektrolyten. Von diesen sind die Ammoniumsalze sehr wirksam und von allgemeinster Anwendung. Aber sie würden sowohl aus dem salzsauren wie kohlensauren Natronauszug die Kieselsäure ausfällen und blieben daher außer Betracht. Als das geeignetste Mittel zur Klärung beim Auswaschen des salzsauren Auszuges erwies sich der Zusatz weniger Tropfen Salzsäure; Schlußprobe mit Rhodankali auf Eisen. Beim Auswaschen des kohlensauren Natronauszuges ist Kochsalz

das geeignetste Mittel. In vereinzelten Fällen — vielleicht infolge zu geringen Kochsalzzusatzes — war auch die Wirkung des Kochsalzes nicht ganz genügend, so daß trotzdem im Filtrat eine Trübung auftrat. Hier müssen noch andere Wege eingeschlagen werden. Was enthält das Filtrat? Die Kieselsäure als Natronsilikat und Ton in kolloider Lösung. Versetzen wir das trübe Filtrat mit überschüssiger Salzsäure, so wird der Ton als elektronegatives Kolloid ausgefällt, die Kieselsäure wird sich verschieden verhalten. In konzentrierter Lösung wird sich die Kieselsäure als Gallerte ausscheiden, in verdünnter Lösung geht sie aus ihrer wahren Lösung in eine Pseudolösung in kolloide Lösung über. Die Praxis wird sein, daß das Filtrat stark verdünnt und ganz schwach angesäuert wird. Nach einiger Zeit kann die kolloide Kieselsäurelösung von dem niedergeschlagenen Ton dekantiert werden. Durch 2—3maliges Wiederholen des Dekantierens ist kein Kieselsäureverlust zu befürchten.



Zum Schluß noch einige Bemerkungen über die Technik des Filtrierens. Zu letzterem wurde nebenstehender Apparat benützt, der ohne weiteres verständlich ist. Um die feinen Suspensionen zurückzuhalten, wurden mit Erfolg dicke Faltenfilter (Schleicher und Schüll No. 572$^1/_2$) angewendet. Da nach dem Abfiltrieren des salzsauren Auszuges das Zurückspülen des Tonschlamms vom Filter in die Schale mit dem Bodenrückstand Schwierigkeiten verursachte, wurde Filter samt Tonschlamm in die Schale gegeben und mit kohlensaurem Natron ausgezogen. Das Filtrat wurde zuerst in dem zylinderförmigen, nach unten durch einen Glashahn abgeschlossenen Rohre aufgefangen und nach Prüfung auf seine Klarheit in das unterstellte Gefäß abgelassen. Bei günstiger Beleuchtung läßt sich besonders an der Stelle, wo die Tropfen einfallen, selbst die feinste Trübung, die im Standgefäß erst bei größerer Filtratmenge bemerkbar wird, erkennen. Der häufige Fall, daß durch unvermutetes Trübedurchlaufen des ganze Filtrat unbrauchbar wird, ist daher ausgeschlossen. Ein anderer Vorteil besteht noch darin, daß der Appa-

rat als Saugvorrichtung dienen kann, sei es, daß der Hahn geschlossen und die Saugwirkung von dem seitlichen Tubus aus erfolgt, oder daß der Tubus geschlossen und die im Rohre stehende Flüssigkeitssäule bei geöffnetem Hahn den Zug ausübt. Bei Verwendung von Faltenfiltern von Saugapparaten sprechen, hat eigentlich keinen Sinn. Doch läßt sich eine, wenn auch schwache Wirkung erzielen bei Verwendung maschinenmäßig hergestellter Faltenfilter, deren Rillen nicht bis in die Spitze auslaufen. Durch Hahnenregulierung und stetes Gefüllthalten des Filters läßt sich die Zeit des Filtrierens um ca. ein Drittel verkürzen.

II. Chemische Untersuchungen.

Nachfolgende Analysen wurden im bodenkundlichen Laboratorium der Geologischen Landesanstalt ausgeführt. Bei Aufgaben wie der vorliegenden, wo es sich darum handelt, extrem geartete Böden zu untersuchen und das abgewogene Material chemisch nicht völlig aufzuarbeiten, sondern nur die durch Säuren in Lösung gebrachten Stoffe quantitativ festzustellen, ist es nötig, von vornherein einen Arbeitsplan aufzustellen und diesen durch die ganze Reihe von Untersuchungen beizubehalten. Nur ein solches systematisches Arbeiten ermöglicht, die Resultate zu vergleichen.

Bei der Ausführung der nachfolgenden Analysen habe ich mich nicht an die Bestimmungen der Deutschen landwirtschaftlichen Versuchsstationen gehalten. Die Ausnahme, daß ich nicht den lufttrockenen, sondern mit Ammonnitrat behandelten Boden zum Ausgangsmaterial nahm, habe ich bereits gerechtfertigt. Von dem lufttrockenen Ortstein wurden die verkitteten Brocken mit dem Finger oder einem Gummipistill zerdrückt und davon durch Absieben mit dem 2 mm-Sieb die Feinerde gewonnen, ca. 500 g in Gläser gefüllt und ins Wägezimmer gestellt. Nach gründlicher Durchmischung wurden vom Bleichsand ca. 30—40 g, vom Ortstein und Untergrund je 20—30 g lufttrocken abgewogen. Die Bestimmung des Gewichtsverlustes durch Trocknen bei 110° C bis zur Gewichtskonstanz wurde nur einige Male durchgeführt. Wegen des damit verbundenen Zeitverlustes begnügte ich mich damit, den Gewichtsverlust nach zweistündigem Trocknen festzustellen. Nunmehr erfolgt das Abrauchen und die Bestimmung des dadurch eingetretenen Gewichtsverlustes, das Gewicht des abgerauchten Bodens wird der Berechnung des prozentischen Anteils der löslichen Stoffe zugrunde

gelegt. Auch der Untergrund wurde der Ammonnitratbehandlung unterworfen, um sämtliche Böden gleichmäßig zu behandeln. Nach der Wägung wird der Boden aus dem Tiegel quantitativ in eine Porzellanschale gebracht, vorsichtig mit der dreifachen Menge konzentrierter Salzsäure (spez. Gew. 1,124) angerührt und unter öfterem Umrühren bei bedeckter Schale 2 Stunden auf dem Wasserbad erhitzt. Nach vorheriger Verdünnung und Absitzenlassen wird der salzsaure Auszug abfiltriert und der Boden ausgewaschen. Das Filter mit dem anhaftenden Bodenschlamm wird zu dem Boden in die Schale zurückgegeben, mit einer Lösung von 10 g Soda und 20 ccm starken Natronlauge übergossen, 15 Minuten auf das kochende Wasserbad gesetzt, öfters umgerührt und die Lösung abfiltriert.

Beim analytischen Trennungsgang habe ich mich im allgemeinen an das Büchlein „Gesteinsanalyse von M. Dittrich“ gehalten. Sämtliche Bestimmungen wurden gravimetrisch ausgeführt, die ersten Analysen zur Kontrolle als Parallelanalysen. Der salzsaure Auszug wurde zunächst 2mal eindegampft zur Abscheidung der Kieselsäure. Das Filtrat davon auf 1000 ccm gebracht. 500 ccm dienten zur Bestimmung der Schwefelsäure, 250 ccm zur Bestimmung der Basen, 250 ccm blieben in Reserve. Eine solche Teilung hat den Vorzug, daß verschiedene Trennungen nebeneinander gemacht werden können und daß man keine allzugroßen Niederschläge von Eisenhydroxyd und Tonerde erhält, welche sonst beim Auswaschen regelmäßig kolloid durch das Filter gehen. Nicht zu unterschätzen ist auch die Betriebssicherheit durch Vorhandensein einer Reserve. Auf Schwefelsäure wurde erst später Rücksicht genommen, als sich bei einer Alkalienbestimmung herausstellte, daß außer Chlor auch Schwefelsäure zugegen war. Beim Abrauchen der Ammoniumsalze (zwecks Bestimmung des Magnesiums und der Alkalien) hat es sich als vorteilhafter erwiesen, statt einer Platinschale einen geräumigen Porzellantiegel zu verwenden, ebenso bei Abscheidung des Magnesiums durch Quecksilberoxyd, da sich merkliche Mengen Platin dem Salzrückstand beimischen. Sie verursachen eine Schwarzfärbung des Rückstandes und eine nachweisbare Abnahme der Platinschale. Bei der Abscheidung der Kieselsäure, insbesondere der aus dem Bodenrückstand gewonnenen, dagegen empfiehlt sich eine große Platinschale, weil es sich hier um das Eindampfen großer Flüssigkeitsmengen handelt, die infolge ihres reichen Alkaliengehaltes gern über den Rand kriechen, und weil sich die abgeschiedene Kieselsäure aus

einer Porzellanschale viel schwerer herausschaffen läßt als aus einer Platinschale. Zur richtigen Bestimmung der Phosphorsäure, besonders geringer Mengen, nach der Molybdänmethode ist es nötig, genau die Umstände zu kennen, unter denen sich eine quantitative Abscheidung der Phosphorsäure als molybdänsaures Ammonphosphat vollzieht. Der Gegenstand hat eine eingehende Bearbeitung erfahren durch Dr. F. Hundeshagen-Stuttgart: „Analytische Studien über die Phosphordodekamolybdänsäure, die Bedingungen ihrer Bildung und Abscheidung als Ammonsalz“ in Fresenius, Zeitschrift für anal. Chemie. XXXIII. Heft II. Die Abscheidung des Magnesiums als Mg O durch Quecksilberoxyd ist nicht vollständig, der fehlende Rest findet sich beim Natrium. Die Bestimmung des K_2O erfolgte als K_2PtCl_6, die des Na_2O als Na_2SO_4.

Im Schwarzwald haben wir zwei Vorkommen von Ortstein: das eine im Buntsandstein, ihm gehören fast sämtliche Ortsteinbildungen an; das andere, im Granit, tritt nur vereinzelt auf.

Von ersterem, dem Buntsandsteinortstein, wurden drei, von letzterem, dem Granitortstein, zwei Analysen ausgeführt. Vor der chemischen Untersuchung der Proben wird es sich empfehlen, den Untergrund mit Ammoniak auf Humusverbindungen zu untersuchen. Namentlich grobstückiger Gehängeschutt läßt die Humuslösungen sehr tief eindringen. Die Bodenfarbe ermöglicht nicht immer einen sicheren Schluß, ob der Untergrund noch im Bereich derselben liegt oder nicht.

An zwei Proben des Buntsandsteinortsteins des Hinteren Heinzelbergkopfes wurden besondere Gewichtsverlustbestimmungen ausgeführt. Die Proben wurden bis zur Gewichtskonstanz getrocknet oder geglüht. Der Gewichtsverlust betrug in %

	I. Probe	II. Probe
bei 100°	5,93	5,86
„ 120°	6,95	6,93
durch Abrauchen	10,95	10,90
„ Glühen	14,56	14,40

Sind die erhaltenen Zahlen auch nur von annähernder Genauigkeit, so geben sie uns doch ein ungefähres Bild über das Verhältnis zwischen organischer Substanz, Wasser und Gasen, zumal in diesen Sandböden Kohlensäure, Kalk, Magnesia und Ton eine ge-

ringe Rolle spielen. Der Gesamtwasserverlust beträgt ca. 10 %, organische Substanz sind es ca. 4 %.

Eine eingehendere Besprechung der Untersuchungsergebnisse wollen wir erst am Schluß unter Berücksichtigung sämtlicher Analysen vornehmen. Der Einzelanalyse hängt oft zu sehr das Moment des Zufälligen an, was in besonderem Maß für eine so veränderliche Bildung, wie sie der Ortstein ist, Geltung hat. In den folgenden Tabellen enthält die Spalte

a) das Gewicht des zur Analyse abgewogenen lufttrockenen Bodens, ausgedrückt in Gramm;
b) den Gewichtsverlust des Bodens nach 2stündigem Trocknen bei 110° C in %;
c) den Gewichtsverlust des Bodens durch das Abrauchen mit NH_4NO_3 in %; b) u. c) unter Zugrundlegung des Gewichts von a);
d) Gewicht des abgerauchten, also nur mineralischen Bodens;
e) den prozentischen Anteil der in Salzsäure löslichen Stoffe des abgerauchten Bodens, bezogen auf das Gewicht d);
f) die Summe der einzelnen Werte von e);
g) den prozentischen Anteil des in Salzsäure und kohlensaurem Natron unlöslichen Bodens, berechnet aus der Differenz von f) u. 100. Anfänglich wurde der Versuch gemacht, g) direkt zu bestimmen. Die damit verbundene Umständlichkeit wurde aber nicht durch die erreichte Genauigkeit aufgewogen. Ein Teil der Analysen wurde anfänglich als Parallelanalysen ausgeführt.

A. Analysen des Buntsandsteinortsteins.

I. Hinterer Heinzelbergkopf (Blatt Freudenstadt). Mittlerer Hauptbuntsandstein. 720 m ü. d. M. Exposition südlich, ziemlich steil. 100—120jähriger lichter Mischbestand aus Forchen und Fichten, Heidelbeer, Heiden, Adlerfarn, nicht viel gewöhnliches Moos. Profil: 10—20 cm schwarzer sandiger Humus; 20—45 cm grauer leicht rötlicher humoser Sand; 20—50 cm steinharter rotrost-brauner Ortstein. Darunter mindestens 40 cm rostiger, verfestigter, dazwischen etwas rostiger Sand. (Bodenprofil gesammelt und beschrieben von Dr. K. Rau.)

	Bleichsand		Ortstein		Untergrund	
a) Boden lufttrocken g . .	20,0008	20,0000	15,0025	15,0027	20,0012	19,9996
b) Verlust bei 110° nach 2 Stunden %	0,300	0,283	3,790	3.802	0,768	0,784
c) Verlust durch NH_4NO_3 %	1,577	1,550	10,921	10,720	1,946	1,920
d) Mineralischer Boden g .	19,6851	19,6895	13,3632	13,3887	19,6121	19,6157
e) SiO_2 . . . . %	0,312	0,335	2,698	2,427	1,527	1,308
Fe_2O_3 . . . . „	0,253	0,238	1,857	1,848	0,906	0,882
Al_2O_3 . . . . „	0,180	0,198	4,946	5,231	1,268	1,103
P_2O_5 . . . . „	0,029	—	0,059	0,153	0,043	0,053
CaO . . . . „	Spur	Spur	0,019	0,010	0,021	0,024
MgO . . . . „	0,015	0,013	0,118	0,147	0,088	0,097
K_2O . . . . „	0,035	0,036	0,172	0.195	0.052	0,092
Na_2O . . . . „	0,011	0,010	0.041	0,078	0,016	0,010
f) Summe: löslich	0,835	0,830	9,910	10,089	3,921	3,569
g) Unlösl. Bodenrückstand .	99,165	99,170	90,090	89,911	96,079	96,431

II. Braunbergle, Rinkenteich (Blatt Baiersbronn). Meereshöhe 670 m. Gehängeschutt von Mittlerem Buntsandstein (sm) und Eck'schen Geröllhorizont (smc_1). Exposition: südsüdöstlich. Profil: 10 cm Rohhumus, 50—60 cm Bleichsand (5—10 cm anmoorig, 40 cm weiß, 5—10 cm graulich), 10—15 cm Ortstein, über 60 cm normaler Untergrund. (Bodenprofil gesammelt und beschrieben von Dr. K. Regelmann.)

	Bleichsand		Ortstein	Untergrund
a) Boden lufttrocken . . . . g	19,9998	20,0003	20,0000	20,0003
b) Verlust bei 100° nach 2 St. %	0,084	0,083	1,156	0,341
c) „ durch NH_4NO_3 . . „	0,365	0,360	3,566	0,813
d) Mineralischer Boden . . . . g	19,9332	19,9334	19.2878	19,8383
e) SiO_2 . . . . %	0,361	0,334	1,253	0,647
Fe_2O_3 . . . . „	0,043	0,033	1,811	0,592
Al_2O_3 . . . . „	0.126	0,137	1,426	0.695
P_2O_5 . . . . „	0,029	0,017	0,154	0,092
CaO . . . . „	0.026	0,025	0.029	0,025
MgO . . . . „	0,010	0,008	0,049	0,022
K_2O . . . . „	0,032	0.038	0.184	0.108
Na_2O . . . . „	0,010	0,007	0,019	0,016
f) Summe: löslich	0,637	0,599	4,925	2,197
g) Unlöslicher Bodenrückstand .	99,363	99,401	95,075	97,803

III. Hummelberg-Schulhalde (Blatt Enzklösterle). Ca. 20 m Abstand von der Abteilungslinie Lappach. Meereshöhe 735 m. Gehängeschutt vorwiegend des Mittleren Buntsandsteins (sm). Hang Exposition: nordnordwestlich. Profil: 20 cm Faserhumus, Sphagnum, Calluna, Preiselbeere, Flechten. 15 cm Moderhumus. 35 cm Bleichsand. 35 cm sehr harter, oben dunkelschwarzbrauner Ortstein. 40—45 cm gelbbraungefärbte schwach verfestigte Sandschicht. 50 cm und mehr Boden des normalen Untergrundes. (Bodenprofil gesammelt und beschrieben von Dr. K. Regelmann.)

	Bleichsand	Ortstein	Untergrund
a) Boden lufttrocken . . . . . . g	20,0029	20,0000	20,0000
b) Verlust bei 110° nach 2 Stunden %	0,3408	2,450	0,400
c) „ durch NH_4NO_3 . . . . „	1,072	7,032	0,845
d) Mineralischer Boden . . . . . g	19,7879	18,5960	19,8312
e) SiO_2 . . . . %	0,572	1,123	1,155
Fe_2O_3 . . . . „	0,193	0,767	0,552
Al_2O_3 . . . . „	0,455	2,133	0,975
P_2O_5 . . . . „	0,069	0,091	0,128
CaO . . . . „	0,031	0,036	0,029
MgO . . . . „	0,011	0,025	0,031
K_2O . . . . „	0,083	0,120	
Na_2O . . . . „	0,022	0,040	0,030
f) Summe: löslich	1,436	4,335	2,900
g) Unlöslicher Bodenrückstand . . .	98,564	95,665	97,100

B. Analysen des Granitortsteins.

Ausführung der Analysen genau wie die der vorhergehenden. Hinzugekommen ist die Bestimmung der Schwefelsäure.

I. Hahnenbronn, Schönmünztal (Blatt Obertal-Kniebis). Meereshöhe 630 m. Verwitterungsschutt des Hauptgranites. Steiler Hang mit Südwestexposition. Probeentnahme am Rande eines Stumpenloches unweit einer Gneisscholle. Fläche vom Altholz, wohl II. Bonität, geräumt, teils natürlich, teils künstlich verjüngt. Sämtliche Pflanzen zeigen kräftiges Wachstum. Stellenweise dichte Rasen von Heidelbeeren. Profil: 10 cm Rohhumus. 5—10 cm Bleichsand. 10 cm harte Ortsteinbank. Von 30 cm ab frischer normaler Untergrund.

	Bleichsand	Ortstein	Untergrund
a) Boden lufttrocken . . . . . . g	32,3213	21,8942	33.4807
b) Verlust bei 110° nach 2 Stunden %	—	—	—
c) „ durch NH_4NO_3 . . . . „	9,1201	23,381	5,419
d) Mineralischer Boden . . . . . g	29,3767	16,7742	31,6698
e) SiO_2 . . . . %	1.870	6,336	5,623
Fe_2O_3 . . . . „	1,803	5,510	3,830
Al_2O_3 . . . . „	1.663	9.471	5,921
P_2O_5 . . . . „	0,022	0,144	0.065
CaO . . . . „	0,036	0,040	0,025
MgO . . . . „	0,180	0,467	0,413
K_2O . . . . „	0,091	0,327	0.316
Na_2O . . . . „	0,031	0,112	0,070
SO_3 . . . . „	0,036	0,113	0,052
f) Summe: löslich	5,732	22,520	16.315
g) Unlöslicher Bodenrückstand . . .	94,268	77,480	83,685

II. Moolbronn Murgschifferschaftswald (Blatt Baiersbronn, am nördlichen Kartenrand). Meereshöhe 640 m. Verwitterungsschutt des Hauptgranites (Gm). Ebene. Femelbetrieb. III. Bonität. Profil: 0—5 cm Rohhumus. 5—40 cm Bleichsand. 40—60 cm braunroter sehr fester Ortstein. 60—75 cm gelber, wenig fester Teil der Ortsteinzone. Von 75 cm ab normaler Untergrund.

	Bleichsand	Ortstein	Untergrund
a) Boden lufttrocken . . . . . . g	32,5495	21,2066	25,7138
b) Verlust bei 110° nach 2 Stunden %	—	—	—
c) „ durch NH_4NO_3 . . . . „	4,971	21,400	6,154
d) Mineralischer Boden . . . . . g	30.9366	16,7526	24,1332
e) SiO_2 . . . . %	1,012	5,820	5,170
Fe_2O_3 . . . . „	0,542	1,761	2,164
Al_2O_3 . . . . „	0,682	9,883	5,552
P_2O_5 . . . . „	0,163	0,744	0,467
CaO . . . . „	0,034	0,090	0,064
MgO . . . . „	0,033	0,293	0.368
K_2O . . . . „	0,074	0,289	0.274
Na_2O . . . . „	0,024	0.108	0,088
SO_3 . . . . „	0,012	0,066	0,026
f) Summe: löslich	2,576	19,054	14,173
g) Unlöslicher Bodenrückstand . . .	97,424	80,946	85,827

Der größeren Anschaulichkeit und der leichteren Vergleichbarkeit wegen sind die Ergebnisse der einzelnen Analysen auf beiliegender Tafel in graphischer Darstellung zusammengefaßt. Manches für die Ortsteinverhältnisse Charakteristische wäre noch besser in die Erscheinung getreten, wenn man die Analysen nach besonderen Gesichtspunkten in Gruppen zusammengefaßt zur Darstellung gebracht hätte. Der Kürze wegen mußte davon Abstand genommen werden. Aber auch so lassen sich die wichtigeren Einzelheiten gut erkennen. Ebenso wurde die Darstellung der Werte für CaO, MgO, K_2O, Na_2O, SO_3 unterlassen, weil die einzelnen Linien rechts von P_2O_5 so nahe zusammenfallen, daß ihre Unterscheidung unmöglich ist.

Gehen wir bei Betrachtung der Tafel von den allgemeinsten Gesichtspunkten aus, so treten drei Gesetzmäßigkeiten scharf hervor:

1) die relativ gleichartige Charakterisierung des Bleichsandes, Ortsteins und Untergrundes nach Stoff und Menge;
2) der große Unterschied zwischen Buntsandstein- und Granitortsteinböden in bodenkundlicher Beziehung;
3) die weitgehende Übereinstimmung der zusammengehörenden Bodenarten in bodenkundlicher Beziehung.

Man glaubt auch des öfteren bemerken zu können, daß einer stärkeren Auslaugung des Bleichsandes eine stärkere Anreicherung des Ortsteins gegenübersteht.

Zur näheren Begründung der eben ausgesprochenen Sätze gehen wir zweckmäßigerweise von dem Untergrund als dem normalen Boden aus. Dieser Boden, dem auch früher die jetzt entarteten Böden des Bleichsandes und Ortsteins angehörten, gibt uns einen Maßstab zur Beurteilung der Stoffumlagerungen. Nach unserer Tafel besitzen wir ein erstes Maximum für die organischen Stoffe, ein zweites Maximum für die Tonerde und ein Minimum für Kalk. Es sind dies die drei Kardinalpunkte für jede Ortsteinbildung. Die übrigen in der Analyse nachgewiesenen Stoffe beteiligen sich in mehr oder weniger untergeordneter Weise an der Ortsteinbildung. Eine interessante Anomalie bildet die Analyse B. II, auf die wir später zu sprechen kommen. Die Zahlenwerte für organische Stoffe plus Wasser im Ortstein, erhalten durch die Ammoniumnitratbehandlung, sind die größten und bleiben es, auch wenn wir die entsprechenden Wasserverlustwerte des zugehörigen Untergrundes in Abzug bringen. Letzteres ist unbedingt nötig, wollen wir den Betrag der organischen Stoffe und des von ihnen gebundenen Wassers näherungsweise kennen lernen. Denn hier wie im folgenden müssen wir davon aus-

gehen, daß der Ortstein in der Hauptsache nichts anderes darstellt, als den normalen Untergrund plus den ihm vom überlagerten Boden (späteren Bleichsand) zugeführten mineralischen und humosen Stoffen. Letztere spielen demnach bei der Ortsteinbildung die Hauptrolle; auffallend ist aber dabei, in wie weiten Grenzen ihr Betrag schwanken kann. Nach den vorliegenden Analysen ist eine Beziehung zur Tonerde unverkennbar. Die Verhältniszahlen zwischen organischen Stoffen + H_2O u. Al_2O_3 betragen bei

B I	2,2	: 1	resp. bei Abzug	1,8	: 1
B II	2,5		des Wasser-	1,3	
B III	3,2		gehaltes des	2,8	
Gr I	2,4		zugehörigen	1,8	
Gr II	2,2		Untergrundes	1,5	

Der zweite integrierende Bestandteil bei der Ortsteinbildung ist die Tonerde. Nirgends wie hier tritt auf der graphischen Darstellung so schön der gesetzmäßige Verlauf der Linien hervor. Von sämtlichen der an der Stoffumlagerung beteiligten Verbindungen erleidet sie die größten Verschiebungen. Im Bleichsand ist sie relativ am stärksten ausgelaugt, im Ortstein dagegen am vollständigsten wieder zur Ablagerung gelangt. Die innigen Beziehungen zwischen den sogenannten Humussäuren und der Tonerde, die sich aus dem Gesagten ergeben, entsprechen ganz den Erfahrungen der Chemie, besonders der Kolloidchemie, nach der die Tonerde mit den sogen. Humussäuren schwer lösliche und schwer trennbare Kolloidverbindungen eingeht. Es sei noch auf die Ramann'schen Analysen hingewiesen, die für den norddeutschen Ortstein ein gleiches Verhalten der Tonerde ergeben. A. Sauer hat bereits in seinem Vortrage in Öhringen 1905 auf diese merkwürdige Anreicherung von Tonerde, wie sie in den Ramann'schen Analysen hervortritt, hingewiesen.

Nicht das gleiche gesetzmäßige Verhalten zeigt das Eisenoxyd. Im allgemeinen ist gegenüber dem Untergrund im Ortstein eine mäßige Anreicherung zu konstatieren, zwei Fälle jedoch ausgenommen. In der Analyse B. II überwiegt der Fe_2O_3-Gehalt sogar den Al_2O_3-Betrag, und in der Analyse Gr II sinkt der Eisengehalt sogar unter den des Untergrundes. Die Analyse B. II haben wir schon früher im Gegensatz zu den anderen als anomal bezeichnet und sie ist es in mehr als einer Beziehung. Gehen wir vom normalen Untergrund aus, so kennzeichnet ihn schon der tiefliegende Linienverlauf als den mineralärmsten aller anderen Untergrundsböden, in dem, ab-

weichend von den anderen Böden der Eisenoxydgehalt nahezu gleich dem der Tonerde ist. Dann fällt uns auf der geringe Gehalt des Ortsteins an organischen Stoffen, er ist der niederste von sämtlichen Ortsteinen. Wir können daraus schließen, daß der Prozeß der Ortsteinbildung hier etwas anders verlaufen ist wie sonst, und daß in dem eisenschüssigen Sand das Eisenoxyd den Verkittungsstoff abgegeben hat. Analoge Vorkommnisse in Dänemark beschreibt P. E. Müller[1]. Er gibt an, daß Tuxen von 8 Lokalitäten mageren Sandbodens Bestimmungen der Eisenmenge in der Ortsteinschicht ausgeführt hat, welche alle viel mehr, meist die zwei- bis dreimal so große Eisenmenge ergeben haben als der Untergrund. Dagegen haben sechs Analysen lehmigen Ortsteins verschiedener Lokalitäten gezeigt, daß diese Schicht ärmer an Eisen ist als der Untergrund, wie es auch bei unserer Granitsteinanalyse Gr II der Fall ist. Er erklärt diese merkwürdige Erscheinung damit, daß in den mineralkräftigeren Böden die Tonerde als stärkere Base aus der humussauren Eisenoxydullösung die Humussäure bindet, während das Eisen mit der Kohlensäure davongeht. In unserem Fall, d. h. in Analyse Gr II, trifft diese Erklärung jedenfalls nicht zu, weil der Mindergehalt an Fe_2O_3 im Ortstein nur ein scheinbarer ist, wie später des näheren erörtert wird. Bezüglich des Ortsteins B. II aber bin ich der Meinung, daß er eine Übergangsform vom Humusortstein zu einer Eisenkonkretion ist. Von sämtlichen Verbindungen ist unter der Einwirkung der Humussäuren das Eisen die beweglichste, indem von der gesamten im Boden vorhandenen Menge der größte Teil ausgelaugt wird im Gegensatz zur Tonerde, bei der der größere Teil ungelöst bleibt.

Ein wechselndes Verhalten lassen die Analysen auch bei der Kieselsäure erkennen. Die durchweg starke Auslaugung im Bleichsand läßt auf die energische Zersetzungskraft der Humussäuren schließen, die bereits von Sprengel[2] experimentell nachgewiesen wurde. Als Baustoff scheint sie im Ortstein keine nennenswerte Rolle zu spielen, denn nur einmal, in B. I, erreicht sie hier einen größeren Betrag im Verhältnis zum Untergrund. Dadurch daß im Bleichsand alle übrigen Stoffe mehr ausgelaugt werden als SiO_2 tritt hier eine relative Anreicherung der letzteren ein. Berechnen wir das molekulare Mengenverhältnis zwischen Kieselsäure und Tonerde — wie es

[1] a. a. O. S. 213.

[2] Baumann a. a. O. S. 61.

in Tabelle B S. 27 geschehen ist, so erhalten wir für Bleichsand, Ortstein und Untergrund folgendes Mengenverhältnis

$$SiO_2 : Al_2O_3 = 3:1 \text{ (Bleichsand)}$$
$$= 1:1 \text{ (Ortstein)}$$
$$= 2:1 \text{ (Untergrund).}$$

Die Zahlen beweisen unmittelbar, was soeben über Bleichsand und Ortstein in bezug auf die Kieselsäure gesagt wurde. In diesem Sinne hat demnach EMEIS in Flensburg recht, wenn er bei Besprechung der Verhältnisse des norddeutschen Heidelandes von einer allmählichen Verkieselung der Bodenoberfläche in geologischen Zeiträumen spricht[1].

Als die zwei Hauptfaktoren der Ortsteinbildung haben wir bisher die Humussäuren und die Tonerde kennen gelernt. Als dritten können wir den Kalk anführen, allerdings in umgekehrtem Sinn. Denn nicht sein Vorhandensein, sondern gerade sein Fehlen ist der Ortsteinbildung günstig. So weisen auch unsere Analysen einen auffallend geringen Kalkgehalt auf, der für solche Bildungen, wo sie auch vorkommen mögen, typisch ist. Die Wirkung des Kalkes beruht durauf, daß er im allgemeinen durch beschleunigte Zersetzung der organischen Stoffe die Torfbildung verhindert[2], oder aber die entstandenen freien Humussäuren als humussauren Kalk ausfällt, der sich leicht wieder in Kohlensäure und kohlensauren Kalk umwandelt[3] und von neuem befähigt ist, Humussäure zu binden.

Auffallend ist bei der Analyse des Gr II-Untergrundes der hohe Phosphorsäuregehalt. Er ist dem Verwitterungsschutt einiger Granite eigen und kommt dadurch zustande, daß die im Gestein vorhandenen Apatitkriställchen bei der Verwitterung viel widerstandsfähiger sind als Feldspat und so im Boden eine Anreicherung bewirken. Ein gleich hoher Phosphorsäuregehalt wurde von M. BRÄUHÄUSER im Verwitterungsschutt des Kegelbachgranites nachgewiesen[4]. Das starke Auflösungsvermögen der Humussäuren den Phosphaten gegenüber und deren Bindung in den Humaten ist durch eine große Anzahl

[1] Waldbauliche Forschungen von EMEIS. Berlin 1876. M. HELBIG, Einwirkung von Kalk auf Tannentrockentorf. Forstwiss. Centralbl. 1910. S. 271.

[2] WOLLNY, Die Zersetzung der organ. Stoffe. Heidelberg 1897. M. HELBIG, Einwirkung von Kalk auf Tannentrockentorf. Forstwiss. Centralbl. 1910. S. 271.

[3] WOLLNY, a. a. O. S. 134. BAUMANN, a. a. O. S. 59

[4] M. BRÄUHÄUSER, Über Vorkommen von Phosphorsäure im Buntsandstein etc. des östlichen Schwarzwaldes. Mitteil. der geolog. Abtlg. des K. Württ. Stat. Landesamtes. Nr. 4.

eingehender Untersuchungen festgestellt[1] und kommt auch in der Analyse Gr II sehr gut zum Ausdruck.

Unsere besondere Aufmerksamkeit müssen die Werte für Kali und Natron in Anspruch nehmen. Ersteres ist durchweg reichlicher vorhanden als letzteres. Namentlich hat seine Auslaugung im Bleichsand nicht in dem Maßstab stattgefunden, wie die der anderen Verbindungen. Die Tatsache läßt sich damit erklären, daß es hauptsächlich die kolloiden Bestandteile des Bodens sind — im Bleichsand hauptsächlich Humussäuren neben Kieselsäure —, welche eine absorbierende Wirkung besonders auf Kali ausüben[2]. Die nötigen Einzelheiten lassen sich aus Tabelle A S. 27 leicht entnehmen.

Das Bild, das die Analysen über die Ortsteinbildung geben, ist abhängig von der Wirkungsweise der Salzsäure auf die Bodenproben, und es fragt sich, ob die Analyse ein in der Hauptsache getreues Bild der Stoffwanderungen wiedergibt. Die petrographische Untersuchung ergibt folgendes: Von den Bodenmineralien sind es in erster Linie die in Verwitterung begriffenen sogen. Bodenzeolithe und die an sie gebundenen Alkalien, alkalischen Erden, Eisen, Magnesium, Phosphorsäure, welche den Humussäuren zum Opfer gefallen sind, während der unverwitterte Feldspat, Quarz und Glimmer schwer löslich sind. In der verhältnismäßig kurzen Zeit, in der sich Ortsteinbildungen vollziehen, wird der Bestand der unverwitterten Mineralien nur wenig angegriffen. Die Wirkung der Salzsäure ist ähnlich. Bei der eingangs geschilderten Arbeitsmethode sind es eben auch wieder die genannten labilen Verwitterungsprodukte, welche der Salzsäure hauptsächlich zur Verfügung stehen, beim Ortstein insbesondere die zuvor an die Humate gebundenen, durch die Ammonnitratbehandlung aber in Freiheit gesetzten Mineralstoffe. Von dem Ergebnis des salzsauren Auszuges können wir wohl in qualitativer, nicht aber in quantitativer Beziehung auf den gesamten Mineralbestand des Bodens schließen, sehr wohl aber auf seinen Gehalt an den sogen. Bodenzeolithen. Am gründlichsten und zum großen Teil auch vom intakten Mineralbestand wird von der Salzsäure, gleichwie von den Humussäuren, das Eisen in Lösung gebracht. Die stärkere Löslichkeit und das hohe Molekulargewicht des Eisenoxyds erklären, warum es bei der graphischen Darstellung so stark hervortritt, während es im Boden in sehr untergeordneter Menge vorkommt.

[1] Baumann, a. a. O. S. 86 u ff.

[2] van Bemmelen in Baumnann, a. a. O. S. 96. Emmerling, Heidebodenanalysen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1901. August.

Tabelle A.

		Bleichsand					Ortstein					Untergrund				
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	P_2O_5	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	P_2O_5	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	P_2O_5
sm	I	37,3	21,8	30,5	4,27	3,5	24,1	51,8	18,3	1,9	1,5	37,0	30,8	24,7	2,6	1,5
	II	56,6	19,8	6,8	5,1	4,58	25,9	28,8	36,7	3,7	3,1	29,6	31,6	26,9	4,9	4,2
	III	40,0	31,7	13,5	5,8	4,8	25,8	49,2	17,7	2,9	2,1	38,5	32,5	18,4	3,3	4,2
Durchschnitt		45	24	17	5	4	25	43	24	3	2	35	32	23	4	3
Gm	I	32,7	29,1	31,5	1,6	0,4	28,1	42,1	24,5	1,4	0,6	34,4	36,2	23,5	1,9	0.4
	II	39,2	26,4	21,0	2,9	6,3	30,0	51,7	9,2	1,5	3,9	36,4	39,1	11,3	1,9	3,3
Durchschnitt		36	28	26	2,5	3,4	29	47	17	1,5	2	35	38	17	1,9	1,8

Tabelle B.

		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	P_2O_5	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	P_2O_5	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	P_2O_5
sm	I	0,62	0,21	0,19			0,40	0,51	0,11			0,62	0,30	0,15		
	II	0,94	0,19	0,042			0,43	0,28	0,23			0,49	0,31	0,17		
	III	0,66	0,30	0,084			0,43	0,48	0,11			0,64	0.32	0,11		
Durchschnitt		0,74	0,23				0,41	0,42	0,15			0,58	0.31	0,14		
		3 : 1					1 : 1					2 : 1				
Gm	I	0,54	0,28	0,19			0,47	0,41	0,15			0,57	0,35	0,15		
	II	0,65	0,25	0,13			0.59	0,506	0,057			0,61	0,38	0,07		
Durchschnitt		0,597	0,26				0.48	0,42				0,59	0,36			
		2,3 : 1					1 : 1					1,6 : 1				

Wir dürfen also annehmen, daß die Analysen die Verhältnisse im großen ganzen richtig wiedergeben. Von diesem Gesichtspunkt aus sind die beiden Tabellen A und B S. 27 berechnet worden. Tabelle A soll einen besseren Vergleich der einzelnen Analysen in bezug auf den salzsäurelöslichen Teil ermöglichen; die Summe der löslichen Salze in jeder Analyse ist = 100 gesetzt und daraus der Anteil der einzelnen Verbindungen berechnet. Die Berechnung geschah für die Buntsandstein- und Granitortsteinanalysen wegen ihrer großen bodenkundlichen Verschiedenheit getrennt, ebenso die Aufstellung der Mittelwerte.

Nach der Tabelle A erweisen sich die Buntsandstein- und Granituntergrundböden in dieser Hinsicht ziemlich gleichwertig. Das gleiche läßt sich von den Bleichsand- und Ortsteinböden nicht behaupten. Die Menge der ausgelaugten und abgelagerten Stoffe ist sehr wechselnd. Einer stärkeren Auslaugung entspricht im allgemeinen eine größere Anreicherung. Die Verheerungen der Humussäuren sind bei den armen Sandböden viel größer als bei den reichen Granitböden. Der Bleichsand des Granitbodens enthält immer noch mehr lösliche Salze als der normale Untergrund des Buntsandsteins. Damit ist noch nicht gesagt, daß ersterer über den letzteren zu stellen ist, was Ertragsfähigkeit anlangt, aber sicher ist, daß der Granitboden die Verluste mit der Zeit ausgleichen kann, während der Buntsandsteinboden eine dauernde Schädigung davonträgt.

Aus den Werten der Tabelle A wurden die der Tabelle B berechnet. Aus ihnen wurde das molekulare Mengenverhältnis zwischen Kieselsäure und Tonerde festgestellt. Demnach verhält sich im Untergrund $SiO_2 : Al_2O_3 = 2 : 1$ resp. 1,6 : 1, also beinahe wie im Kaolin, bei dem das Verhältnis 2 : 1 ist. Beim Ortstein beträgt das Verhältnis beidemal 1 : 1, im Bleichsand 3 : 1 resp. 2,3 : 1. Diese Zahlen lassen keinen Zweifel aufkommen, daß in den vorliegenden Fällen die Ortsteinbildung sich unter Zuwanderung von Tonerde vollzogen hat.

Zum Schluß unserer chemischen Betrachtungen wollen wir noch zwei fremde Analysen zum Vergleich heranziehen, als Parallele zum Buntsandstein-Ortstein das Durchschnittsergebnis des westfälischen Heideortsteins und als Parallele zum Granitortstein eine Granitortsteinanalyse von M. Helbig-Karlsruhe, dessen Material der gleichen Stelle entnommen ist, von der meine Probe Gr II herstammt. Nach dem Landwirtsch. Jahrbuch 37. Bd. 1908, Ergänzungsband I, ist die chemische Zusammensetzung des Heideortsteins in

Westfalen im allgemeinen der des Buntsandsteins analog. Der Gehalt an in Salzsäure löslichen Mineralstoffen ist im Bleichsand am geringsten 0,5—1,0 %, im Ortstein beträchtlich höher 1,2—4,5 % als im Bleichsand und auch etwas höher als im Untergrundsand 1,0—2,5 %. Der mittlere prozentische Gehalt der zahlreich untersuchten Ortsteinproben an in Salzsäure löslichen Bestandteilen ist folgender:

Fe_2O_3 . . .	0,230	CaO	0,063	K_2O	0,055
Al_2O_3 . . .	0,909	MgO	0,043	Na_2O	0,012
SiO_2	0,856	P_2O_5	0,079	H_2SO_4 . . .	0,031

Es sei nur kurz auf den auch hier vorhandenen hohen Tonerdegehalt hingewiesen. Das molekulare Mengenverhältnis zwischen Kieselsäure und Tonerde berechnet sich $SiO_2 : Al_2O_3 = 0,0142 : 0,00892$, also beinahe wie 1 : 1, das gleiche Verhältnis, das sich aus unsern Analysen berechnen läßt und die Vermutung nahe legt, daß es sich, was die Humate anbetrifft, um ganz bestimmte Verbindungen handelt.

Der Vergleich der beiden Granitortsteinanalysen hat ein doppeltes Interesse. Einmal gestattet er, Schlüsse zu ziehen über die von mir angewendete Methode des Abrauchens, und dann hat M. Helbig von diesem Ortsteinprofil eine Analyse des Gesamtbodens ausgeführt, die eine wertvolle Ergänzung zu den beiden genannten bildet. Die Zusammenstellung der Ergebnisse findet sich in der Tabelle S. 30. In Spalte a stehen die Zahlen meiner Gr II-Analyse, in Spalte b die entsprechenden Werte der Helbig'schen Analyse. Die Werte lassen sich vergleichen, weil sie unter Zugrundelegung des mineralischen Bodens berechnet sind. Doch sind seine Werte im allgemeinen höher, weil er vom Gewicht des geglühten Bodens ausging, und ich von dem des abgerauchten. Die Zahlenwerte für Kieselsäure gehen sehr weit auseinander, offenbar weil Helbig nur die im salzsauren Auszug befindliche Kieselsäure berücksichtigt hat. Wenigstens erwähnt er nirgends die Bestimmung der von der Salzsäure in Freiheit gesetzten, aber im Boden zurückgebliebenen Kieselsäure. Wie wichtig aber gerade für Ortsteinanalysen ihre Bestimmung ist zur Vervollständigung des Analysenbildes und der Beurteilung der Ortsteinbildung, glaube ich nach meinen Untersuchungen annehmen zu dürfen. Die Werte für Eisenoxyd und Tonerde stimmen bei Berücksichtigung der oben erwähnten Bodengewichtsdifferenz gut überein. Schade, daß M. Helbig sie im Bleichsand und Untergrund nicht einzeln bestimmt hat. Nach meinen Resultaten ist nämlich merkwürdigerweise im Ortstein weniger Eisenoxyd vorhanden als im Untergrund. Trotzdem im Bleichsand 75 % des Fe_2O_3 ausgelaugt wurden, soll

der Ortstein nicht nur keine Eisenanreicherung, sondern sogar noch einen Verlust erfahren haben. Die von HELBIG gefundenen Werte des salzsauren Auszuges bestätigen dieses anomale Verhalten des Fe_2O_3 indirekt, während sein Flußsäureaufschluß den positiven Beweis erbringt, daß trotzdem im Ortstein eine Fe_2O_3-Anreicherung stattgefunden hat. Auf welcher Ursache diese Erscheinung beruht, läßt sich aus dem einzelnen Falle schwer schließen.

Die Zusammenstellung gibt auch einen interessanten Einblick in die Tonerdeverhältnisse. In der Hauptsache sind es, wie schon früher gefolgert wurde, die sogen. Bodenzeolithe, welche im Bleichsand der Ortsteinbildung zum Opfer fallen. Im Salzsäureauszug des Bleichsandes sind nur noch 0,6 % Tonerde nachweisbar, während der Flußsäureaufschluß desselben nicht weniger als 10 % aufweist. Letztere gehören sicher zum größten Teil dem unverwitterten Gesteinsmaterial an.

	In Salzsäure löslicher Anteil. 100 Teile Boden enthalten Teile:						Flußsäureaufschluß (Gesamtboden). 100 Teile enthalten Teile:		
	Bleichsand		Ortstein		Untergrund		Bleichsand	Ortstein	Untergrund
	a	b	a	b	a	b			
SiO_2	1,012	0,0969	5.820	2,2076	5,170	0,1178	81,4562	62,8255	69,6140
Fe_2O_3	0,542	1,5399 (Fe₂O₃ + Al₂O₃)	1,761	1,5688	2,164	8,1492 (Fe₂O₃ + Al₂O₃)	1,3781	4,7998	2,3316
Al_2O_3	0,682		9,883	12,2624	5,552		10,2232	18.5572	15,2354
P_2O_5	0,163	0,0282	0.744	0,1268	0,467	0,0920	0,2856	0,8903	0.5809
MnO	—	0,1055	—	0,5634	—	0,2363	0,1065	4,1361	1,1242
CaO	0,034	0,1167	0,090	0,1819	0,064	0,1973	0,1742	0,7796	0,9700
MgO	0,033	0,0624	0.293	0,3380	0,368	0,1421	0,5682	0,6273	0,6888
K_2O	0,074	0,0935	0,289	0,2062	0,274	0.2188	3,9016	4,4778	5,1967
Na_2O	0,024	0,1223	0,108	0,1591	0,088	0,0544	3,6354	4,6283	5.4671
SO_3	0,012	0.0491	0,066	0,2552	0.026	0.0522	—	—	—

Die Werte der folgenden Bestimmungen weisen größere und kleinere Schwankungen auf; eine erhebliche Differenz aber besteht in den beiderseitigen Werten für P_2O_5. Die von mir gefundenen Werte sind auffallend hoch. Daß sie aber im Boden tatsächlich vorhanden sind, beweist der Flußsäureaufschluß. Salpetersäure ist ein gutes Lösungsmittel für Apatit. Das Abrauchen mit salpetersaurem Ammonium hat zweifellos das Phosphat aufgeschlossen. Es bleibt aber immer noch zu erklären, warum der Salzsäureauszug im Ortstein so wenig Phosphorsäure nachweist gegenüber der durch

den Flußsäureaufschluß erwiesenen Anreicherung. Entweder entstand letztere auf dem mehr physikalischen Vorgang der Einschwemmung von oben, oder auf dem mehr chemischen Weg der Lösung durch Humussäuren. In ersterem Fall ist die Salzsäure infolge ihrer geringen Einwirkung auf Apatit nur wenig imstande, die P_2O_5-Anreicherung nachzuweisen. Im zweiten Fall müssen wir annehmen, daß die Salzsäure nicht imstande ist, die in den Humaten vorhandene P_2O_5 aufzuschließen. Prof. Dr. EMMERLING-Kiel sagt in der Allgem. Forst- und Jagdztg. 1901. August: „Diese Art der Bestimmung (Bestimmung des in warmer Salzsäure löslichen Teils der P_2O_5 nach dem Glühen des Bodens) war wünschenswert infolge der neueren Beobachtungen der Moorversuchsstation zu Bremen, nach welchen die Phosphorsäure im Boden geneigt ist, schwerlösliche (kolloidale) Verbindungsformen mit den Humussubstanzen einzugehen Diese Formen sind selbst in Säure schwer löslich. Bei der Verbrennung werden der Humus und somit auch jene Verbindungen zerstört und es kann daher nach dem Glühen eine um so größere Menge P_2O_5 in Säure löslich sein, je mehr von derselben in Gestalt kolloidaler Humusverbindungen vorhanden war.“ In den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur Nr. 21 berichtet Prof. TACKE gleichfalls über „eine eigentümliche Eigenschaft der P_2O_5 im Moorboden“. Nach Versuchen von M. SCHMÖGER (Berichte der Deutsch. chem. Ges. 26. 396) wäre die für die Kulturpflanzen in unbrauchbarer Form vorhandene Phosphorsäure der Moorböden an Nuklein gebunden. Nach den Analysenergebnissen müssen wir der Ortsteinbildung auf chemischem Wege eine Hauptrolle zuteilen und müssen daher annehmen, daß die Phosphorsäure im Ortstein ähnliche Eigenschaften besitzt wie die der Humusböden. Ist das der Fall, so ergibt das Abrauchen mit Ammonnitrat einen besonderen Vorteil.

III. Natur der Ortsteinbildung.

Der Ortstein gehört zu der Klasse der rezenten Humusgesteine und ist ein Gebilde in der oberen Verwitterungsschichte des Erdbodens. Entsprechend seiner Natur als Doppelgebilde organischer und anorganischer Stoffe müssen wir zum Verständnis derselben den einseitig chemisch-geologischen Standpunkt verlassen und auch die biologischen Vorgänge des Tier- und Pflanzenlebens berücksichtigen. Zunächst müssen wir nun etwas näher auf die Rohhumus- bezw. Trockentorfbildung eingehen, deren Vorhandensein eine Voraussetzung für die Entstehung des Ortsteins ist.

Grundlegend sind die Arbeiten von Ch. Darwin[1], P. E. Müller[2], V. Hensen[3], R. Francé[4], C. Emeis[5], E. Ramann[6], Wollny[7], van Schermbeck[8], J. Früh[9], Hampus v. Post[10]. Für die Zwecke der Forstwirtschaft hat sich Müller am eingehendsten mit der Rohhumusfrage beschäftigt. Vornehmlich seine Untersuchungen in den Heide- und Waldgebieten Dänemarks haben zu der Erkenntnis geführt, daß Mull- oder Trockentorfbildung als die extremen Glieder einer verschiedenartig verlaufenden Zersetzung organischer Stoffe abhängig ist von dem Vorhandensein oder Fehlen der den Boden bewohnenden mullbildenden Fauna. Darunter versteht man nach R. Francé, der in seinem Werk „Das Leben der Pflanze" die Humusbildung eingehend beschrieben hat, das Heer von Maulwürfen, Wühlmäusen, Mäusen, tunnelgrabenden Käfer, Insektenlarven und Tausendfüßler, Regenwürmer, Spinnen, Schnecken, Ameisen, Milben, Wurzelfüßer, Amöben, Algen, Schleimpilze, Bakterien u. dergl.

Damit ist die Humusbildung in unseren Wäldern zu einem biologischen Prozeß gestempelt, der, wie alles organische Leben, in seiner Entwicklung beherrscht wird durch Luft, Wärme und Feuchtigkeit. Zwischen diesen drei Hauptfaktoren bestehen in der Natur die mannigfachsten Wechselbeziehungen und dadurch, daß sie teils hemmend, teils fördernd, teils sich gegenseitig aufhebend aufeinander einwirken, geben sie Veranlassung zu den verwickeltsten Erscheinungen.

---

[1] Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer von Ch. Darwin. Aus dem Englischen übersetzt von J. V. Carus. Stuttgart 1882.

[2] Studien über die natürlichen Humusformen von P. E. Müller. Berlin 1887.

[3] Über die Fruchtbarkeit des Erdbodens in ihrer Abhängigkeit von den Leistungen der in der Erdrinde lebenden Würmer. Landwirtsch. Jahrbuch. Berlin 1882.

[4] Das Leben der Pflanze von R. Francé. Stuttgart, Franckh'scher Verlag. (Im Erscheinen begriffen).

[5] Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen von C. Emeis. Berlin 1875. — Außerdem verschiedene Abhandlungen in der Allgemeinen Forst- und Jagdzeitung.

[6] Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1888. S. 4. Forschungen der Agrik.-Phys. etc. S. 318. Landw. Jahrb. 1889. S. 910. Bodenkunde. 1905.

[7] Die Zersetzung der organischen Stoffe von Wollny. 1897.

[8] van Schermbeck: Mitteilungen über den Humus. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1903.

[9] Über Torf und Dopplerit. Zürich 1883.

[10] Studien über die koprogenen Erdbildungen der jetzigen Zeit: Schlamm, Moder, Torf, Humus. Referat in d. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1880. Juni.

Aber auch hier gibt es, wie in der Lehre von der Bodenfruchtbarkeit, ein Gesetz des Minimums bzw. Maximums, dem Wollny[1] folgende Fassung gibt: **Die Zersetzungsprozesse der organischen Substanzen werden in Quantität wie Qualität von dem im Minimum resp. Maximum auftretenden Faktor beherrscht.** Wird der jeweilige Effekt der beiden in veränderlicher Weise aufeinander einwirkenden Faktoren, Feuchtigkeit und Wärme, und die dadurch bedingte Lebenstätigkeit der Mikroorganismen durch die Menge produzierter Kohlensäure gemessen, so gibt uns die graphische Darstellung Wollny's ein anschauliches Bild von dem soeben angeführten Gesetze. Dabei wird der Faktor Luft als genügend vorhanden angesehen, was auch bei den Humifikationsprozessen anfänglich immer der Fall ist. In dem Versuch, dem jene Darstellung zugrunde liegt, wird das Optimum bei ca. 30° C und 27 % Wassergehalt erreicht. Unter solchen Umständen ist die Lebenstätigkeit der Organismen aufs höchste gesteigert, die Zersetzung ist die rascheste, die Kohlensäuremenge beträgt ca. 73 Vol. in 1000 Vol. Bodenluft. Die Lebensfunktionen der Mikroorganismen und damit die Kohlensäurebildung hört auf, wenn die Temperatur oder das Wasser ins Minimum gerät. Die organischen Abfallstoffe bleiben unzersetzt und häufen sich an. Diese Anhäufung und die damit verbundene Wasseranreicherung sperren die Luft vom Boden ab. An Stelle der mullbildenden Fauna treten die Fäulnisbakterien und ihr Produkt ist die Rohhumusbildung. Der Boden verliert seine poröse krümelige Beschaffenheit und geht in dichte Lagerung und Einzelkornstruktur über. Sauerstoffmangel ist in chemischer Hinsicht das hervorstechendste Merkmal der veränderten Bodenzustände: an Stelle der Oxydations- treten Reduktionsvorgänge. Die frühere neutrale Reaktion der Mullböden schlägt durch die auftretenden Humussäuren in eine saure um. Die gleichmäßige Bodendurchmischung des Humus und Obergrundes — ein Produkt der mullbildenden Fauna — hört auf, dafür sehen wir eine Bodenentmischung, eine Differenzierung des Bodens in physikalischer und chemischer Hinsicht auftreten.

Wärme und Feuchtigkeit sind die Angel- und Drehpunkte der ganzen Humus- und mit Einbeziehung der Bodenbeschaffenheit auch der Ortsteinfrage. Sie sind bedingt durch Klima und Witterung (Temperatur, Regenmenge, Luftfeuchtigkeit, Windverhältnisse), Ex-

[1] Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildung von E. Wollny. Heidelberg 1897.

position, Inklination, chemische und physikalische Eigenschaften des Bodens, durch die Vegetationsformen und leblosen Bodendecken.

Hohe Gebirgslagen und nordische Gebiete (Tundren) zeichnen sich aus durch geringe Wärme und große Niederschläge. Sie sind natürliche Verbreitungsgebiete der Rohhumus- eventuell Ortsteinbildungen. Es gibt aber auch Bezirke, wo ein labiles Verhältnis besteht zwischen günstig und ungünstig wirkenden Faktoren. Hier kann es dann die Tätigkeit des Menschen sein, welche die latent vorhandenen ungünstigen Faktoren zur Auslösung bringt, welche mit der Zeit fortwachsend die Bodenkultur vernichten. Durch Eingriffe in die Vegetationsverhältnisse vermag, wie wir wissen, der Mensch die Faktoren Wärme und Feuchtigkeit des Bodens zu verändern und so über die Humusform den Ausschlag zu geben.

Rohhumusbildung ist auf allen Böden, soweit es nur auf diese ankommt, möglich, die Ortsteinbildung aber hat noch bestimmte Bodenverhältnisse zur Voraussetzung [1]. Erstere ist daher viel verbreiteter als letztere und kann sozusagen als Fingerzeig gelten, wo dem Klima nach Ortsteinbildung möglich wäre. Darin liegt auch der Grund, wenn bei Besprechung der Ortsteinbildungen die Rohhumusbildungen mitberücksichtigt werden. Ausgeschlossen von der Ortsteinbildung sind z. B. Kalkböden. Nach den Untersuchungen Wollny's [2] beruht dies darauf, daß die gebildeten Humussäuren sich mit dem Kalk zu humussaurem Kalk verbinden, der sich viel schneller zersetzt als die reinen Humussäuren. Dadurch, daß der humussaure Kalk sich zu kohlensaurem Kalk zurückbildet, ist theoretisch die Möglichkeit unbegrenzter Wirksamkeit gegeben. Ebensowenig wie Kalkböden unterliegen im Buntsandsteingebiet die Tonböden der Ortsteinbildung. Der Grund ist der, daß Ton unter der Rohhumusdecke eine speckig zähe, für Wasser völlig undurchlässige Beschaffenheit angenommen hat, die nur eine oberflächliche Ausbleichung durch Humussäuren, nicht aber einen Transport der Humate nach dem Untergrunde und eine dortige Ablagerung derselben gestattet. Dafür zeigen die Tonböden eine andere Art von Bodenverschlechterung, die Missenbildung [3], die in ihrer Entwicklung mit der Ortsteinbildung viele gemeinsame Merkmale trägt, in ihrem Endzustand aber ein

---

[1] Zu Nachfolgendem vergl. das Blatt Freudenstadt der geolog. Spez.-Karte v. Württbg. nebst Erläuterungen von M. Schmidt u. K. Rau.

[2] a. a. O. S. 133.

[3] Vergl. die Erläuterungen zu Blatt Simmersfeld S. 49 u. ff. von M. Bräuhäuser.

völlig anders geartetes Gebilde darstellt und als solches bodenkundlich vom Ortstein wohl zu unterscheiden ist. Die Missen sind ein ausgezeichnetes Beispiel für die Abhängigkeit der Ortsteinbildungen von der Bodenbeschaffenheit. Mitten im Ortsteingebiet gelegen, also den gleichen äußeren Bedingungen unterworfen, bezeichnen sie die Stellen abweichender Bodenverhältnisse. Beim Übergang von Ton- in Sandboden treten im Untergrund auch ortsteinähnliche Bildungen auf.

Als Substrat für die Ortsteinbildung hat sich nach den bisherigen Erfahrungen unter unseren klimatischen und meteorologischen Verhältnissen das Verwitterungsmaterial eines solchen Gesteins am geeignetsten erwiesen, das infolge der ungleichen Verwitterungsfähigkeit seiner Bestandteile beim Zerfall eine mittel- bis grobsandige Struktur annimmt und bei dem der schwer zersetzliche Anteil die Hauptmasse bildet. Damit ist noch nicht gesagt, daß der Boden an Basen arm sein muß, aber die Haupterfordernisse ergeben sich daraus, nämlich daß der Boden eine gewisse Durchlässigkeit, Porosität und Absorptionsfähigkeit besitzen muß, Eigenschaften, welche eine Wasserbewegnng dem Untergrunde zu, den Transport gelöster Stoffe, ihre Ablagerung und die Verkittung der Sandkörner ermöglichen.

Vielfach besprochen, aber noch nicht völlig gelöst sind die Fragen über die Natur des Kittstoffes und über die Stoffablagerung im Untergrund. Je mehr wir Gelegenheit haben, diese Vorgänge unter veränderten Bedingungen in der Natur zu beobachten, um so mehr Anhaltspunkte gewinnen wir zu einer richtigen Erklärung. Im Schwarzwald können wir zu diesem Zweck die Missen in den Kreis der Betrachtung hereinziehen. Der tonige und eisenschüssige Misseboden ist in von Wasser gesättigtem Zustande für Wasser und auch Humussäuren undurchlässig. Nur die lokale Anreicherung von Geröll gestattet ein tieferes Eindringen des Wassers und vergrößert die Berührungsfläche des Bodens mit letzterem und den Humussäuren. Die in der Rohhumusschicht sich bildenden Humussäuren sammeln sich über dem Boden und bilden mit dem Wassergehalt des letzteren zwei inhomogene Medien. Infolge der äußerst langsam vor sich gehenden Diffusion tritt eine allmähliche, von oben nach unten fortschreitende Durchtränkung des Bodens mit Humussäuren ein. Unter der Einwirkung der letzteren bilden sich lösliche humussaure Verbindungen, die nach oben in die stets neu zufließenden Humussäuren diffundieren. Der Prozeß ist eine Auslaugung [1], dessen

[1] Vergl. die chemischen Analysen von M. Bräuhäuser in den Erläuterungen zu Blatt Simmersfeld S. 52.

Schwerpunkt in der Einwirkungszone der Humussäuren ist und bleibt. Oder mit anderen Worten: Die unter der Einwirkung der Humussäuren sich bildenden löslichen humussauren Verbindungen bleiben unter den Bedingungen ihrer Entstehung nicht bloß an ihrem Bildungsorte, sondern auch während ihrer Diffusion und Wegführung durch Humussäuren, überhaupt so lange, bis ein Wechsel in den bisherigen Verhältnissen eintritt, z. B. durch Veränderung der Bodenbeschaffenheit, durch Zutritt von Luft oder salzhaltiger Wässer etc. Dann erst ist den löslichen humussauren Verbindungen die Möglichkeit gegeben, eine andere Form anzunehmen, z. B. unlöslich zu werden. Der Ausfällungsort kann meilenweit vom Erstehungsort entfernt liegen.

Ganz anders beim Ortstein. Er ist eine Stoffumlagerung innerhalb zweier unmittelbar aneinander grenzender Bodenschichten, ebenfalls bewirkt durch die lösende Tätigkeit der Humussäuren. Dadurch aber, daß in dem Sandboden der Schwerkraft folgend eine Wanderung der löslichen humussauren Verbindungen in eine anders beschaffene Bodenschicht möglich ist, werden die letzteren der Einwirkungszone der Humussäuren bis zu einem gewissen Grad entrückt, die Bedingungen ihrer Entstehung werden geändert, es tritt eine Stoffablagerung ein, welche die Zwischenräume zwischen den Bodenbestandteilen verengert und schließlich ausfüllt, die letzteren verkittet und unter Umständen steinhart verfestigt. Die Missebildung geht unter dem andauernden Einfluß reichlicher Wassermengen vor sich. Für die Ortsteinbildung dagegen lehrt die Beobachtung im Schwarzwald, daß bei sehr starker und stetiger Wasserbewegung im Boden (Quellen, Grundwasser) wohl eine Humussäure-, nicht aber eine Ortsteinbildung auftreten kann, an deren Stelle eine schmierige, schwarzbraune Humatausfällung den Sand erfüllt[1]. Am günstigsten ist wohl eine intermittierende Wasserbewegung, wie sie die meteorischen Niederschläge wohl am besten zustande bringen.

Die von den einzelnen Autoren zur Erklärung der Verkittung herangezogenen chemisch-physikalischen Prozesse lassen sich nicht scharf voneinander trennen und werden wohl alle gleichzeitig mehr oder weniger je nach den lokalen Verhältnissen wirksam sein. Die ungezwungendste Erklärung scheint mir bei Annahme der kolloiden Natur der Kittstoffe vorzuliegen. Sie wird am ehesten den vielen Widersprüchen gerecht, auf die wir bei unseren theoretischen

[1] Siehe Erläuterungen zu Blatt Freudenstadt S. 81 und van Schermbeck, Notiz zur IV. Hauptversammlung des Deutsch. Forstvereins etc. S. 13.

Betrachtungen und Wahrnehmungen in der Natur stoßen. Die Ausfällung könnte verschiedene Ursachen haben: Wasserverlust, Koagulation bei Berührung mit Bodensalzen, Austausch von Basen, Temperaturwechsel. Aus der Reversibilität des Gels würde sich das Wiederauflösen und Wandern des Ortsteins erklären lassen, und aus dem Verhalten der Humuskolloide zu Alkalien, Tonerde und Kieselsäure die Bildung des Ortsteins im Granitboden. Dann dürfte aber auch die bisherige Ansicht, daß ein Boden um so leichter der Ortsteinbildung unterliegt, je ärmer er an Basen und je größer die Menge der freien Humussäuren ist, dahin zu berichtigen sein, daß es nicht die Armut an Basen überhaupt, sondern der Mangel an solchen Basen ist, welche imstande sind, die Humussäuren durch Überführung in eine unlösliche Form unschädlich zu machen, und daß in einem solchen Falle das reichliche Vorhandensein von Alkalien die Ortsteinbildung unterstützt.

Die den Humussäuren zugeschriebene Eigenschaft, Phosphate und Karbonate zu zerlegen, kommt auch den kolloiden Humussubstanzen zu. In Einklang mit letzteren lassen sich auch die Erscheinungen der Misse bringen. Die Auslaugung des Klebsandes wäre darauf zurückzuführen, daß die stets sich erneuernde Humussole bestrebt ist, durch Bildung von Absorptionsverbindungen den Gleichgewichtszustand zwischen sich und den löslichen Bodensalzen herzustellen [1].

Die Vegetationsformen und leblosen Bodendecken sind für die Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens von allergrößter Bedeutung. Nach den Untersuchungen Wollny's [2] und vieler anderer bewahrt der mit lebenden Pflanzen oder abgestorbenen Pflanzenteilen bedeckte Boden eine gleichmäßigere Temperatur als der unbedeckte, dessen extreme Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen jegliche Tätigkeit der mullbildenden Bodenfauna unterdrücken und den Boden der Verwilderung ausliefern. Bodenschutz durch eine Pflanzendecke ist daher eine der wichtigsten Lehren der Waldpflege. Verstöße dagegen haben zum größten Teil die Ortstein- und Missebildungen im Schwarzwald verursacht. Wollny [2] stellte ferner fest, daß die Bodentemperatur während der wärmeren Jahreszeit um so niedriger ist, je dichter die Pflanzen stehen; daher die Erscheinung, daß öfters unter nicht durchforsteten Nadelholzbeständen beträchtliche Roh-

---

[1] Siehe Baumann: Untersuchungen über die Humussäuren. Mitteil. d. K. Bayr. Moorkulturanstalt. Heft 3. 1909.

[2] Wollny: Zersetzung der Humusstoffe S. 163 u. ff.

humusmassen sich anhäufen (besonders an Nordhängen). Noch stärker als die Wärme wird die Feuchtigkeit von der Streudecke beeinflußt. A. Bühler fand [1], daß ein mit einer leblosen Bodendecke versehener Boden ca. 24 % mehr Sickerwassermengen liefert als der kahle Boden, und daß die Sickerwassermengen des letzteren durch die Vegetation von 4—5jährigen Fichten und Buchen um 43 und 55 % herabgesetzt werden.

Die Vegetationsformen kommen außerdem für die Ortsteinbildung noch dadurch in Betracht, daß sie die Rohhumusbildung nur begünstigen, wie z. B. reine Bestände von Lichtholzarten durch Aufkommenlassen der Heide oder mit ihren Abfällen direkt an ihr teilnehmen, wie z. B. Heide, Heidelbeere, Preiselbeeren und Torfmoose.

IV. Verbreitung des Ortsteins im allgemeinen.

Im großen und ganzen kommt der Ortsteinbildung infolge ihrer Abhängigkeit von der Rohhumusbildung entschieden ein klimatischer Charakter zu. Im Zusammenhang damit steht auch die geographische Verbreitung. Nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse gehört er durchweg der nördlichen Zone unserer Erde an und hier sind es zumeist Sandböden der Küstengebiete oder Gebirgsgegenden. Der Ortstein kommt vor nach Emeis [2] in den Heideböden Schleswig-Holsteins und Jütlands, nach P. E. Müller [3] in den Sand-Ton-Lehmböden Dänemarks, im Hochgebirge Norwegens sogar im plastischen Ton unter niedrigen verkümmerten Birkenbeständen (Missen?) und in Anhäufungen mageren Sandes oder Kieses, in den höheren Partien des Böhmerwaldes im Verwitterungskies eines feldspatarmen Granits unter Weißtannen und Fichtenbeständen; schließlich im Riesengebirge im Verwitterungskies eines hier feldspatreicheren Granits unter Fichtenwald; nach Ramann in den Sanden des ganzen norddeutschen Tieflandes, im Buntsandstein Thüringens, in den tertiären Sandböden Schlesiens und der Lausitz, in den devonischen Quarzitsanden des Regierungsbezirkes Trier, in den Gneis- und Granitböden der Tatra, im Verwitterungsboden des Quadersandsteins in Böhmen, in den „Landes“ (Heiden) Frankreichs. Das Vorkommen in Süddeutschland haben wir schon eingangs erwähnt.

---

[1] A. Bühler: Wasservorrat und Wasserbewegung im Waldboden. Ber. üb. d. 23. Vers. des Württb. Forstvereins 1908.

[2] Waldbaul. Forschungen etc.

[3] Studien etc. S. 318 ff.

V. Die Ortsteinverbreitung im württembergischen Schwarzwalde.

Im folgenden sollen uns die Ortsteinverhältnisse des württembergischen Schwarzwaldes, insbesondere die des oberen Murgtales eingehender beschäftigen. Die wichtigsten Unterlagen dazu liefern die Veröffentlichungen der neuen geologischen Landesaufnahme unter Leitung von A. Sauer. In Betracht kommen die Blätter der geologischen Spezialkarte Württembergs im Maßstab 1:25 000 Obertal-Kniebis, Baiersbronn (K. Regelmann), Freudenstadt (M. Schmidt und K. Rau), Altensteig, Nagold (M. Schmidt), Simmersfeld (M. Bräuhäuser und A. Schmidt), Stammheim (A. Schmidt), Schramberg (M. Bräuhäuser und A. Sauer) nebst den dazu gehörigen Erläuterungen. Zur vollständigen Übersicht der Ortsteinverhältnisse fehlen noch einige Blätter, besonders Calw und Wildbad. Immerhin gewähren die bisher erschienenen ein gutes Bild. Über die Kartierung des Ortsteins siehe „Erläuterungen zu Blatt Freudenstadt (K. Rau) und Blatt Obertal-Kniebis (K. Regelmann)“. Aus früher angegebenen Gründen werden im folgenden auch die Misse- und Hochmoorbildungen berücksichtigt werden.

Nach den Beobachtungen der Geologen und meinen eigenen Beobachtungen im Schwarzwald scheint die Ausbildungsform des dortigen Ortsteins eine wesentlich andere zu sein als in Norddeutschland, jedenfalls spielt sie bei uns nicht die verhängnisvolle wirtschaftliche Rolle wie dort. Der Unterschied ist auf starke natürliche Gegensätze zurückzuführen. Hier waldiges Gebirgsland mit seinen stetig wechselnden Formen, Lagen, Bodenverhältnissen, klimatischen Faktoren und Wasserzirkulationen im Boden; dort ebenes Heideland und große Gleichförmigkeit der genannten Zustände. Daher in Norddeutschland das Auftreten des Ortsteins in zusammenhängender geschlossener Form von gleichartiger Beschaffenheit über weite Gebiete, hier das Vorkommen nesterweis, nur auf den Karriegeln und vereinzelten exponierten Stellen öfters in größerem Zusammenhang, auf kurze Entfernung an Mächtigkeit und Härte rasch wechselnd ohne jegliche parallele Schichtung zur Oberfläche.

Über die klimatischen Verhältnisse des Gebietes ist folgendes zu sagen: Das monatliche Temperaturmittel steigt von — 2,5 ^{0} C im Januar bis + 15,8 ^{0}C im Juli; das Jahresmittel beträgt 6 ^{0} C. Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt durchschnittlich 1500 mm. Von größter Wichtigkeit dabei ist, daß in keinem Monat unter 100 mm

fallen und sich die Regenmenge ziemlich gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt, im Gegensatz zum übrigen Teil Württembergs[1]. Einer von A. Bühler entworfenen und mir freundlichst zur Verfügung gestellten graphischen Darstellung sind die folgenden 15jährigen Niederschlagsmittel in den einzelnen Monaten entnommen:

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Schwarzwald . . .	**107**	**108**	**128**	**112**	**118**	**135**	**148**	**123**	**103**	**130**	**94**	**130** mm
Oberschwaben, südlich	59	57	70	89	101	136	146	133	111	94	51	56
„ nördlich	36	32	42	63	77	100	97	98	71	68	36	36
Ellwanger Gegend . .	58	49	61	74	80	104	100	99	70	81	47	67
Alb	61	52	64	67	73	95	101	85	70	80	47	61
Gäu	40	34	47	53	64	85	92	69	53	61	34	41
Heilbronn, Mergentheim	50	43	54	54	60	82	84	64	63	73	38	54

Die Niederschlagsmenge des Schwarzwaldes ist durchschnittlich doppelt so groß wie die der Heilbronner Gegend. Nur Oberschwaben erreicht auf dem schwarzen Grat mit 146 mm im Juli beinahe das Maximum des Schwarzwaldes, aber von hier aus fallen die Werte sowohl dem Frühjahr wie dem Herbst und Winter zu sehr stark. Auf den Schwarzwald trifft demnach zu, was Wollny sagt[2]: In Gegenden, in welchen die Niederschläge ergiebig und derart verteilt sind, daß die Feuchtigkeitsmengen geringeren Schwankungen unterliegen als die Temperatur, ist letztere in der Regel der maßgebendste Faktor für den Gang des Zersetzungsprozesses der organischen Stoffe. Der im Maximum auftretende Faktor ist also die Feuchtigkeit und sie beherrscht im Schwarzwald die Zersetzungsvorgänge. Wie wäre es sonst zu erklären, daß in den stark durchlässigen Sandböden der sonnendurchglühten steilen Südwesthänge eine kräftige Ortsteinbildung auftritt, wenn nicht damit, daß die ungewöhnlich hohe Niederschlagsmenge und die damit verbundene Luftfeuchtigkeit im Verein mit dem Heidekraut und der Preiselbeere das Aufkommen der wasserhaltenden Moose ermöglicht, deren mächtige wassergesättigte Polster infolge ihres hohen Wassergehaltes und der Verdunstung die Temperatur herabsetzen. In noch erhöhtem Maße treffen die auf die Temperaturerniedrigung hinwirkenden Um-

[1] Württemb. Jahrbücher für Statistik und Landeskunde. Jahrg. 1905. II. Heft. S. 183—188 (bearbeitet von Dr. L. Meyer).

[2] a. a. O. S. 145.

stände bei den Nordhängen und den heftigen Winden ausgesetzten Höhenlagen zu.

Außer diesen klimatischen Faktoren kommen für die Rohhumus- bezw. Ortsteinbildung noch zwei weitere Erscheinungen des Schwarzwaldes von allgemeiner Bedeutung in Betracht. Die eine ist die Bedeckung der Gegend mit Nadelholzwäldern. Dahingehende Untersuchungen sind gemacht worden von J. Schubert[1], Ebermayer[2] und Wollny. Der letztere faßt seine Ergebnisse in folgende Sätze zusammen: Unter allen Vegetationsformen hat der Wald die größte abkühlende Wirkung auf den Boden, sowohl infolge der starken Beschattung, welche die Bäume mit ihrem Kronendach ausüben, als auch wegen des Schutzes, den die aus abgefallenen Nadeln und Blättern gebildete Streudecke dem darunter liegenden Erdreich gewährt. Die lange Vegetationszeit der Gewächse, besonders der immergrünen, ist ebenfalls ein Umstand, der zur Erklärung der bebeträchtlichen Depression der Temperatur des Waldbodens mit herangezogen werden muß.

Die andere Erscheinung ist die große Kalkarmut sämtlicher Schwarzwaldböden. Der Kalk ist die einzige von den kräftig wirkenden Basen, die sonst im Boden in größerer Menge vorzukommen pflegt.

Schon früher ist betont worden, daß für die Ortsteinbildung nicht bloß die Rohhumusentwicklung, sondern auch die Bodenbeschaffenheit von größter Bedeutung ist. Eine gesetzmäßige Abhängigkeit des Ortsteins von der geologischen Unterlage nachzuweisen, soll im folgenden versucht werden.

Geologischer Aufbau und topographische Gliederung entsprechen sich in unserem Ortsteingebiet durchweg. Die nordsüdliche Richtung des oberen Murgtales bezeichnet die Grenzlinie zweier stark voneinander abweichenden Landschaften. Westlich der Murg haben wir die Gebirgsstöcke des Kniebis und der Hornisgrinde mit ihren zahlreichen Ausläufern, schmalen langgestreckten Bergrücken, voneinander getrennt durch die bis zu 300 m tiefen Täler. Östlich der Murg aber breitet sich eine ausgedehnte Hochebene mit scharf eingerissenen Tälern aus. Hier wie dort liegen die Talsohlen durchschnittlich 500—600 m über dem Meer, die Höhen 800—900 m.

---

[1] Der jährl. Gang der Luft- und Bodentemperatur im Freien und in Waldungen, und der Wärmeaustausch im Boden von J. Schubert. Berlin 1900.

[2] Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden von G. Ebermayer. Berlin 1873. Forschungen auf dem Gebiet der Agrikulturphysik. d. XIV. 1891.

Die Talsohlen und unteren Hänge werden vom Granit, Gneis und unteren Buntsandstein, die Gänge vom mittleren Buntsandstein, die Hochebenen westlich der Murg vom Hauptkonglomerat des mittleren Buntsandsteins, östlich der Murg vom oberen Buntsandstein gebildet.

Die geologische Kartierung hat die Verbreitung des Ortsteins über das ganze Gebiet und dessen Vorkommen auf allen Böden, mit Ausnahme der Gneis-, der unteren und oberen Buntsandsteinböden, nachgewiesen und außerdem die wichtige Tatsache festgestellt, daß sein Auftreten, abgesehen von den vereinzelten Vorkommen im Granit, einen bestimmten geologischen Horizont im Deckgebirge einhält, nämlich den des mittleren Buntsandsteins. Das Einhalten des mittleren Buntsandsteinhorizontes im Auftreten des Ortsteins hat seinen Grund darin, daß nach den Untersuchungen der geologischen Landesaufnahme[1] der Verwitterungsboden des mittleren Buntsandsteins von sämtlichen Schwarzwaldböden der geringwertigste ist. Petrographisch charakterisiert ihn K. Regelmann folgendermaßen[2]: „Da dieser Horizont Feldspat fast nicht mehr führt, ist der Kaligehalt seiner Böden im allgemeinen gering. Auch der Tonerdegehalt, der aus den Kaolinstückchen stammt, ist sehr mäßig und genügt für gewöhnlich nicht, dem Sandboden Bindigkeit zu verleihen. Kalk und Magnesia fehlen schon im Gestein fast vollständig. Auch Eisen ist nur in geringen Mengen vorhanden. Aus der Verwitterung des anstehenden Gesteins resultiert demnach ein lockerer, grobkörniger, stark durchlässiger, bindemittelarmer, fast reiner Quarzsandboden“. Für die Abhängigkeit der Ortsteinbildung von den Bodenverhältnissen können wir kaum ein besseres Beispiel finden.

Es ist demnach vorwiegend die obere Hälfte der Talhänge westlich der Murg, die orsteinführend ist, und hier sind es wiederum die Süd- und Südwesthänge, die am meisten befallen sind. Greift die Ortsteinbildung scheinbar weiter herunter auf den Horizont der Gneis- und unteren Buntsandsteinböden, wie z. B. auf Blatt Freudenstadt, so haben wir es hier mit Gehängeschutt des mittleren Buntsandsteins auf unterem zu tun. Aber auch die Ost-, Nord- und Westhänge weisen, wie die Karte zeigt, allenthalben Ortstein auf, während er verhältnismäßig wenig auf den Hochflächen nachweisbar ist, z. T. infolge Überlagerung durch Hochmoore. Östlich der Murg beschränkt sich sein Vorkommen ganz auf die Talhänge, soweit der mittlere Buntsandstein eine größere Mächtigkeit besitzt.

---

[1] Vergl. die Erläuterungen zu den Blättern Freudenstadt, Obertal.

[2] Erläuterungen zu Blatt Obertal—Kniebis von K. Regelmann S. 131.

Die verschiedenen Expositionen zeigen in den Vegetations- wie Ortsteinverhältnissen einen deutlichen Unterschied, der zwischen Nord- und Südhang am ausgesprochensten ist. An den Südhängen häuft sich die Reihe ungünstiger Momente. Die Ortsteinbezirke sind viel schärfer ausgeprägt. Die Ortsteinschicht selbst ist stärker entwickelt und von größerer Härte. Die Vegetation besteht aus verlichtetem Forchenaltholz, meterhohem Heidekraut, Moosen und Flechten und krüppelhaftem Forchenjungwuchs. Durch die Rohhumusansammlung und die große Wasseraufnahmefähigkeit des letzteren kommt es lokal zur Ausbildung sumpfiger Stellen.

An den Nordhängen kommen die klimatischen Verhältnisse zur vollen Geltung. Mächtige Rohhumusmassen, anmoorige Stellen und Gehängemoore verbreiten sich über ansehnliche Flächen. Unter den verlichteten Tannen- und Fichtenaltholzbeständen breiten sich dichte Rasen von Heidelbeeren, Moosen und Farnen aus, die Heide tritt zurück. Die Ortsteinbezirke lassen sich weniger leicht an dem Wachstumsunterschied der Vegetation erkennen. Die Ausbildung des Ortsteins erfolgt großenteils nur in der unverfestigten Form der Orterde. Ausbleichungen der obersten Bodenschichte sind allgemein verbreitet. Sowohl Rohhumus- wie Ortsteinbildungen sind am kräftigsten in den Karen und Karriegeln der Nordhänge entwickelt, welche sich durch besonders reichliche Wasserführung auszeichnen und ihre rauhe kühlfeuchte Hochlage durch das Vorkommen der Legforche kennzeichnen.

Zwischen den Nord- und Südhängen bilden die Ost- und Westhänge natürlicherweise die Übergangsformen.

Auf den Hochflächen zeichnet sich das Hauptkonglomerat des mittleren Buntsandsteins, soweit es einen durchlässigen Untergrund besitzt, durch starke Ortsteinbildung aus, soweit es einen undurchlässigen Grund besitzt, durch Hochmoor- und Missebildung. Für den stark tonhaltigen oberen Buntsandstein wird letztere so typisch, wie der Ortstein für den mittleren Buntsandstein. An einigen Stellen war es möglich, Ortstein auch unter Hochmooren nachzuweisen[1]. Vielleicht hat in solchem Falle die Ortsteinbildung durch Abdichtung des Untergrundes zur Hochmoorbildung geführt. Auf den kahlen Hochflächen erreichen die klimatischen Faktoren ihren Höhepunkt. Die jährliche Regenmenge beträgt 2000 mm, die durchschnittliche Jahrestemperatur 5° C und das ganze Jahr hindurch

[1] Erläuterungen zu Blatt Obertal—Kniebis von K. Regelmann. S. 150.

herrschen starke Südwestwinde. Die Vegetation ist eine ausgeprägte Hochmoorflora mit Gruppen von Legforchen.

Östlich der Murg breitet sich der obere Buntsandstein in weitgedehnter Hochfläche aus. Der Ortstein beschränkt sich hier in seinem Vorkommen auf die Hänge der tief in das Plateau eingeschnittenen Täler, wo die Schichten des mittleren Buntsandsteins zutage treten, und verliert sich in östlicher Richtung, der Peripherie des Schwarzwaldes zu, sehr rasch, schon lange bevor die nach Osten zu einfallenden Schichten des mittleren Buntsandsteins unter der Oberfläche verschwinden. Auch klimatisch ist die Veränderung beträchtlich, namentlich bezüglich der Niederschlagsverteilung in der wärmeren und kälteren Jahreshälfte. So beträgt vom April bis September die durchschnittliche Regenmenge bei Altensteig (504 m ü. d. M.) ca. 450 mm, dagegen auf dem Ruhstein (1015 m ü. d. M.) ca. 955 mm. Für die Zeit vom Oktober bis März haben wir die entsprechenden Zahlen 400 und 971. Die Anhäufung großer Schneemassen westlich der Murg und die dadurch bedingte, weit ins Frühjahr hereinreichende Winterfeuchtigkeit der Böden ist sicher von günstigem Einfluß auf die Ortsteinbildung. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt bei Altensteig $7^1/_2$ ^{0}C, gegen 5 ^{0}C auf dem Ruhstein. Dazu kommt die durch das Einfallen der Schichten bedingte abnehmende Mächtigkeit des Buntsandsteins. Letzterer besitzt auf Blatt Baiersbronn eine Mächtigkeit von 300 m, an der Nordwestecke des Blattes Altensteig eine solche von 200 m, am Ostrande eine solche von 60 m.

Ganz ähnliche Verhältnisse wie auf Blatt Altensteig finden sich auch auf Blatt Schramberg. Die durchschnittliche Regenmenge beträgt für die wärmere wie für die kältere Jahreszeit ca. 500 mm, die mittlere Jahrestemperatur $7^1/_2$ ^{0}C. Die Mächtigkeit des mittleren Buntsandsteins beläuft sich auf ca. 90 m. Rohhumusbildungen sind verbreitet. Der obere Buntsandstein trägt auch hier seine Missen. Ortsteinbildungen fehlen fast ganz, ebenso wie die ortsteingefährdete mittlere geröllfreie Zone sm des mittleren Buntsandsteins.

Fassen wir die wichtigsten Punkte kurz zusammen, so haben wir im Gebirgsstock Kniebis-Hornisgrinde die höchste Erhebung des Gebirges, damit zusammenfallend der reichlichste Niederschlag und die niederste Temperatur, ferner die größte Mächtigkeit des ortsteinführenden mittleren Buntsandsteins. Je mehr wir uns von hier nach Osten oder Süden entfernen, ist eine Abnahme dieser Verhältnisse

vorhanden. Der Zusammenhang zwischen Klima, Bodenbeschaffenheit und Rohhumus- und Ortsteinbildung ist also zweifellos vorhanden. Dabei tritt für die Rohhumusbildung das Klima, für die Ortsteinbildung aber die Bodenbeschaffenheit in Vordergrund. Da nun im Schwarzwald sämtliche Rohhumusbildungen unter dem Einfluß der reichlichen Niederschlagsmengen stehen, so erhält hier die Ortsteinbildung einen gewissen klimatischen Ckarakter. Gehen wir über den Schwarzwald hinaus, so finden wir im Rheintal und in der norddeutschen Tiefebene Ortsteingebiete, die eine jährliche Niederschlagsmenge von 400 mm und eine Jahrestemperatur von über 10^0C haben und somit ein wesentlich anderes Klima als der Schwarzwald aufweisen. Der Ortstein ist auch von Natur aus an keine allzu enge klimatischen Grenzen gebunden: denn an feuchtkalten Orten hat er die Moosvegetation, an trockenwarmen Plätzen die Heidekräuter, welche Veranlassung zu Rohhumusbildungen geben. Aber durchweg ist es der fast kalkfreie nährstoffarme Sandboden, der die Unterlage bildet.

Im Anschluß daran haben wir noch zwei Spezialfälle zu besprechen, einmal das Vorkommen des Ortsteins in Granitböden, und dann das vollständige Fehlen desselben in Gneisböden.

Bisher glaubte man den Ortstein auf ganz geringwertige Böden beschränkt und war deswegen erstaunt, denselben auch im Verwitterungsboden des mineralkräftigen Granits vorzufinden. Sein Vorkommen erstreckt sich auf alle Expositionen, beschränkt sich aber auf wenige Örtlichkeiten. Auszuscheiden aus dem Granithorizont sind die Vorkommen im Gehängeschutt, wo es sich um eine deckenförmige Überschüttung des Granits durch den höher liegenden Buntsandstein handelt. Sie sind typische Buntsandsteinsortsteine und weisen nur da eine Besonderheit auf, wo, wie z. B. im Steingrundbronn (Blatt Obertal—Kniebis), die überlagernde Buntsandsteindecke sehr wenig mächtig ist. In letzterer hat sich dann die Bleichsandzone, im Granitboden die Ortsteinzone ausgebildet. Weit verbreitet, namentlich an Nordhängen, ist die unter Rohhumusablagerungen auftretende braunrote Verfärbung des Bodens infolge der Durchtränkung mit Humussäuren mit oder ohne Ausbleichungszone. Das vereinzelte Vorkommen läßt auf besondere Umstände der Bildungsstätte schließen. An solcher Stelle haben die Granitböden zwei wichtige Merkmale der anderen Ortsteinböden gemeinsam: erstens bestehen jene aus einem sandigen, scharfkantig-eckigem Verwitterungsgrus und zweitens ist der Kalkgehalt verschwindend klein.

A. Sauer sagt über den Granitboden folgendes[1]: „Was nun die mineralische Nährkraft des Granitbodens betrifft, so enthält das frische Gestein etwa 1,6% Kalk und gegen 6% Kali. Bei der Vergrusung ist anzunehmen, daß der leichtest verwitternde Kalknatronfeldspat, an den der Kalkgehalt vorwiegend gebunden ist, als Kalkquelle baldigst versiegen, während dagegen der Boden jederzeit reichlich mit Kali versorgt wird. Ein Zeichen für den sicher vorhandenen Kalkmangel kann man in dem Umstand erblicken, daß an feuchten Stellen des Granitterrains, besonders an den mit Hochwald bestandenen Nordlagen, sich mit Vorliebe Sphagnaceen ansiedeln, deren Existenz bekanntlich an kalkarmen Untergrund gebunden ist.“ Die Möglichkeit der Ortsteinbildung im Granitboden ließe sich damit erklären, daß in erster Linie der Kalk fehlt, Humussäuren gegenüber die kräftigste Base. In zweiter Linie dürfte der hohe Kaligehalt die Bildung leicht löslicher humussaurer Alkalien bewirken[2]. „Ist die Humussubstanz in Alkalien gelöst, dann kommt nach van Bemelen eine zweite Eigenschaft der Humuskolloide zur Geltung. Kieselsäure, Eisenoxyd, Tonerde, z. T. alkalische Erden lösen sich in einem gewissen Maß in dieser alkalischen Humuslösung und können alle nebeneinander gelöst bleiben.“ Aber auch ohne an Alkalien gebunden zu sein, vermögen die sauer reagierenden Humusstoffe mit Eisen und Tonerde kolloide Verbindungen einzugehen. Diese kolloiden Lösungen werden nun im Untergrund abgeschieden, sei es nun durch die hier reichlich vorhandenen Basen, Kalisalze oder durch Wasserabgabe. Unter dem Mikroskop betrachtet gleicht das Aussehen des die Sandkörner umkleidenden firnisartigen Kittstoffes ganz dem eingetrockneter kolloider Stoffe.

Eine zweite auffallende Tatsache ist, daß in den Gneisböden des württembergischen Schwarzwaldes Ortsteinbildungen bis jetzt noch nicht gefunden wurden. Zur Erklärung dieser Erscheinung kann auf folgende Momente aufmerksam gemacht werden. Die Gneisböden haben eine nur geringe Verbreitung, bilden die Talsohlen und unteren Berghänge und dienen deswegen fast durchweg landwirtschaftlichen Zwecken und befinden sich somit äußerlich unter günstigeren Verhältnissen als die anderen Bodenarten. Sehr nachhaltig ist auf die durchgreifenden bodenkundlichen Unterschiede zwischen Granit und Gneisböden im badischen Schwarwald unter Be-

---

[1] Erläuterungen zu Blatt Hornberg—Schiltach von A. Sauer S. 47.

[2] Baumann, a. a. O. S. 98.

rücksichtigung der Strukturmerkmale der Gesteine von A. SAUER[1] hingewiesen worden. Dazu kommen die hervorragenden Bodenverhältnisse des Gneises. Ganz übereinstimmend sagt K. REGELMANN hierüber[2]: „Im allgemeinen liefern die Glimmergneise vorwiegend schiefrige Verwitterungsstücke, die von großer Wichtigkeit für die chemisch und physikalisch gleich günstige Zusammensetzung der Gneisböden sind. Diese mehr oder weniger dicht, schuppenartig angeordneten Gneisstücke verhindern das Ausschwemmen der feinen Verwitterungsprodukte (der Feinerde) und verhüten zusammen mit den unendlich vielen, ähnlich gelagerten Glimmerblättchen das leichte Austrocknen. Durch das Zurückhalten der für die Absorption so überaus wichtigen Feinerde steht der Gneisboden an Wert bedeutend über dem stofflich etwa gleichwertigen Granitboden". Für die Annahme, daß auch hier die Bodenverhältnisse ausschlaggebend gewesen sind, spricht ein Vorkommen beim Dorfe Huzenbach. Auf einem der dortigen Gneishügel lagern Reste von Hochterrassenschotter, in welchem ich ein typisches Ortsteinprofil aufgefunden habe. Die Bedingungen zur Ortsteinbildung waren demnach vorhanden. Letztere konnte aber nur in den geröllführenden sandigen Anschwemmungen zur Entwicklung kommen.

Anhangsweise möge noch kurz das Wesentlichste über die Missen gesagt werden, weil sie und der Ortstein z. T. die gleichen Entstehungsursachen und in der Entwicklung manche Erscheinung gemeinsam haben. Die Misse ist ein steter Begleiter des oberen Buntsandsteinplateaus in der niederschlagsreichen Schwarzwaldzone. Das topographische Bild ist eine versumpfte Fläche von oft weiter Ausdehnung am oberen Ende eines Wasserlaufes, der mit einer sanft ansteigenden, fast ebenen Mulde auf das Plateau übergreift. Die ziemlich ebene Lage, die stagnierende Nässe über dem undurchlässigen Untergrund und eine ganz charakteristische Flora[3] geben der Misse ihr typisches Gepräge. Die Unterlage bildet ein dichtgelagerter, schwerer, zäher, undurchlässiger Letten. Bei solchen Böden geht in einem feuchten Klima infolge des hohen Wassergehaltes, der geringen Durchlüftungs- und Erwärmungsfähigkeit die

[1] Vergl. Erläuterungen zu Blatt Gengenbach 1884, dann ausführlicher: Blatt Hornberg—Schiltach 1896.

[2] Erläuterungen z. geol. Spez.-Karte des Kgr. Württbg. Blatt Baiersbronn. S. 78. 1909.

[3] Näheres siehe M. BRÄUHÄUSER in: Erläuterungen z. geol. Spez.-Karte d. Kgr. Württbg. Blatt Simmersfeld von M. BRÄUHÄUSER und A. SCHMIDT S. 49.

Verwesung der organischen Stoffe in Fäulnis über. Eine Rohhumusanhäufung tritt ein, welche meist noch viel mächtiger ist wie beim Ortstein und stellenweise zur Hochmoorbildung neigt. Unter dem Rohhumus folgt wie beim Ortstein eine ausgebleichte Zone, die aber in eine lebhaft rotgelb gefärbte Zone und schließlich in die Farbe des normalen oberen Buntsandsteins übergeht. Darin liegt der Unterschied. Bei der Ortsteinbildung findet durch die Humussäuren eine Stoffumlagerung innerhalb des Bodens statt. Die in der oberen Bodenschicht in Lösung gebrachten Stoffe werden in der darunterliegenden wieder ausgeschieden. Die grobsandige Struktur des Bodens ermöglicht diesen Vorgang. Die Bleichsandbildung der Missen dagegen ist eine reine Auslaugungserscheinung nach oben zu. Die von den Humussäuren in Lösung gebrachten Stoffe haben nur die Möglichkeit in die oben zwischen Bleichsand und Rohhumus zirkulierenden Wasser zu diffundieren und von ihnen fortgeschafft zu werden. Die Entwässerungsgräben der Missen sind oft mit rotem Schlamm ausgelegt. Es ist das von der Humussäure reduzierte und dadurch löslich gemachte Eisen, welches durch die Berührung mit Luft wieder ausgefällt wird.

Allein schon aus der Vegetation zu schließen ist die Misse weit mehr von Temperatur und Regenmenge abhängig als der Ortstein. Aber eine klimatische Notwendigkeit ist sie trotzdem nicht immer. Schon frühe[1] wurde die Entstehung durch z. T. lokale Ursachen erkannt.

VI. Ursachen der Ortsteinbildung.

In dem Kapitel über die Natur der Ortsteinbildung ist dargelegt worden, daß die Humusform im letzten Grunde abhängig ist von den variabeln Faktoren Wärme und Feuchtigkeit, ferner daß die ungünstige Verschiebung der beiden Faktoren, welche die Rohhumusbildung zur Folge hat, entweder von dem Klima herrührt oder von einer unzweckmäßigen wirtschaftlichen Tätigkeit des Menschen. Beweise für diese beiden Möglichkeiten geben die Untersuchungen von P. E. Müller[2] und Emeis[3] und sie sind die Ursachen der Ortsteinbildung. Auch für den Schwarzwald müssen wir zur

---

[1] Über die Beschaffenheit, Entstehung und Kultivierung der Missen, von Sponeck. Moser's Forstarchiv. 30. Bd. 1807. Die Versumpfung der Wälder von Bühler 1831.

[2] Natürliche Humusformen.

[3] Siehe im Literaturverzeichnis die zahlreichen Abhandlungen von Emeis.

Erklärung des Ortsteinvorkommens diese beiden Ursachen annehmen. Den Charakter einer rein klimatischen Ursache zeigen am entschiedensten die Bildungen der Kare und Karriegel. Das ausnahmslose Vorkommen derselben an jedem der Orte, die mächtige Entwicklung, die hier ihren Höhepunkt erreicht, die uralte, von jeder Kultur verschonte, auf die Eiszeit zurückweisende Vegetation und die stark entwickelten Moorbildungen legen diesen Schluß nahe. Außerdem kommen noch vorzugsweise in Betracht die Nordhänge und Höhenlagen. Inwieweit hier jedoch bereits Eingriffe des Menschen sich geltend machen, ist heutzutage schwer — wenn nicht gar unmöglich — zu sagen und bedarf einer weit eingehenderen Untersuchung, als die Zeit sie mir erlaubte. Die Mehrzahl der übrigen Vorkommen dürfen wir der Tätigkeit des Menschen zuschreiben. Dazu berechtigen uns die Waldgeschichte des Schwarzwaldes, das rasche Wechseln ortsteinführender und -freier Plätze auf kleinem Raume und vollständige Fehlen auf Böden, die alle dieselben Verhältnisse aufweisen, und schließlich die Erfahrungen der heutigen Forstwirtschaft, die in Erkenntnis der begangenen Fehler in der wirtschaftlichen Behandlung des Waldes die Natur wieder mehr als früher zur Geltung kommen läßt.

Mehr wie in den anderen Ortsteingebieten stehen uns im Schwarzwald geschichtliche Aufzeichnungen zur Verfügung, die von O. Feucht in seiner interessanten Abhandlung[1]: „Zur Vegetationsgeschichte des nördlichen Schwarzwaldes, insbesondere des Kniebisgebietes" zusammengestellt ein anschauliches Bild der Waldgeschichte des oberen Murgtales gewähren. Ich beschränke mich darauf, aus der genannten Abhandlung nur die Angaben zu entnehmen, die als Ursachen der Ortsteinbildungen in Betracht kommen können.

Der ums Jahr 1140 entstandene Codex Reichenbachensis erwähnt verschiedene Viehhöfe und Almen des Klosters Reichenbach im Murgtal. Eine der Almen lag 950 m ü. d. M. in den sogenannten Mehlplätzen, die um 1800 noch kahle Weideflächen waren, heute aber bewaldet sind. Die Hänge des genannten Ortes tragen Ortstein, die Ebene selbst ist mit Rohhumus überdeckt und missig. Im Mittelalter finden wir ausgedehnte Harzrechte, Viehweide und Holznutzung. Im Jahr 1617 wurde das Harzrecht für Baiersbronn wegen des hohen Schadens beschränkt auf „die tieffen Thäler, Grinden und ohngelegenen Orte, darauß man das Holtz sonst zu

[1] Jahreshefte d. Vereins für vaterl. Naturkunde in Württbg. 1907. S. LVII.

keinem andern Nutzen bringen kann." Sebastian Münster sagt in seiner 1544 erschienenen Kosmographie: „Also findest Du bey ursprung des Wassers Murg, nemblich hinder Kniebis, das sich des Volck mit hartz abläsen und klauben ernehret. Dann do findt man zwey oder drey Dörffer, deren einwoner alle jar 200 und etlich mehr centner hartz von den Thannbäumen samblen und gehn Straßburg zu verkauffen bringen." Großen Schaden richtete die Waldweide und das damit verbundene Weidbrennen an. Gegen letzteres wendet sich 1536 „die Floß- und Holtzordnung am Schwarzwald", dann die Forstordnung von 1614 und schließlich eine solche von 1748. Dort heißt es Seite 92: „Nachdeme die Erfahrung gelehret, daß sowohl durch das Vieh-Wayd-brennen, sonderlich auf dem Schwarzwald, die meisten Exzesse entstehen, und dadurch schon viele 1000 Morgen Walds abgetrieben worden; als auch durch die von denen Vieh-Hirten aufmachende Feuer die Wälder öfters angesteckt und dadurch muthwilliger Weise ein fast unersetzlicher Schaden verursacht worden ...." etc. Mit Recht nimmt O. Feucht an, daß die Grinden einst größtenteils bewaldet waren und verlegt ihre Entwaldung mit nachfolgender Moorvegetation in diese Zeit. Wenn er aber annimmt, daß im östlichen Schwarzwald, wo die Niederschlagshöhe viel geringer ist, die Missen sich nicht in dem Maße ausdehnen konnten, wie im Kniebis-Hornisgrindegebiet, so dürfte dies den Tatsachen nicht ganz entsprechen. Denn wir haben im vorhergehenden darauf hingewiesen, daß die Missen im Horizont des oberen Buntsandsteins, also gerade im östlichen Schwarzwald, ihre Hauptentwicklung erreichen. Ausschlaggebend ist nämlich die geognostische Unterlage. Mit dem 18. Jahrhundert begann der berühmte Holländerholzhandel, eine rücksichtslose Ausschlachtung der Murgtalwälder. Zeitgenössische Berichte erzählen: „Gegen die sonstige Gewohnheit auf dem Schwarzwald sind diese Waldungen schlagweis abgetrieben worden, weil sie sämtlich von alters her zum Harzen angebrochen waren .... und in den meisten mehr Holz zu Boden gelegen als noch gestanden hatte." Jägerschmid berichtet: „Was nicht zu Holländerholz sich eignete, wurde zu Gemeinholz verarbeitet, und die schwächeren Stämme zu Floßstangen und Floßwieden benützt: das fehlerhafte schwere Holz mußte zu Sägklötzen und der Abraum zu Feuerholz hergerichtet werden; was übrig blieb, war die Beute des Aschenbrenners. Damit aber nicht genug. Im folgenden Jahre durchzog eine zahlreiche Rindviehherde den mit üppigem Gras bedeckten Schlag." Im Jahr 1782 vernichtete ein Waldbrand auf dem Kniebis ca. 1000 Morgen

Wald, und im Jahre 1800 zerstörte ein Waldbrand, der 17 Tage dauerte, mehr als 7000 Morgen Wald, der hauptsächlich aus dem Jungwuchs der vorher von den Holzhändlern abgeholzten Flächen bestand. Genauen Aufschluß über die einzelnen abgebrannten Waldungen und deren vorherigen Zustand finden wir in dem Bericht über die 13. Versammlung des Württbg. Forstvereins in Freudenstadt 1894 [1]. Die dort einzeln angeführten Waldungen weisen heutzutage starken Ortstein auf. Aus dem Bericht entnehmen wir aber auch, daß schon damals große Flächen „in Heideberg und Misse“ und aus „holzlos gewesenen und auch in Zukunft unbrauchbar bleibenden, zu nassen oder aus Felsen bestehenden Plätzen“ bestanden. Daraus und aus der Tatsache, daß der Ortstein nicht minder häufig an Örtlichkeiten auftritt, die von keiner derartigen Katastrophe heimgesucht wurden, dürfen wir schließen, daß der große Brand vielleicht nur zum kleineren Teil die Ortsteinursache bildet. Es dürfte auch anzunehmen sein, daß die durch einen großen Waldbrand bewirkte äußerst intensive Düngung mit Pflanzenasche einer Bildung von Rohhumus auf lange Zeit entgegenwirkte.

Den aktenmäßigen Nachweis der Verschlechterung des Bodens und der dadurch herbeigeführten Ortsteinbildung, verursacht durch wirtschaftliche Fehler, gibt Fr. Hoffmann in dem wertvollen Aufsatz [2]: Bodenbearbeitung und künstliche Düngung in Forchen-Krüppelbeständen des württembergischen Schwarzwaldes. Die bis in das Jahr 1819 zurückreichende Bestandesgeschichte ergibt die unumstößliche Tatsache: Je länger der Boden unter dem lichten Forchenbestand der Aushagerung ausgesetzt war, und je weniger Individuen von einer anderen Holzart zwischen der Forchenkultur zu finden sind, um so schlechter ist der Bestand. Ums Jahr 1854 wird in der Bestandesbeschreibung zum erstenmal die Heide erwähnt. Nach einem starken Durchhieb im Jahre 1859 und nach 20jähriger Lichtstellung hatte die Heide und das Sumpfmoos an dem steilen Westhange derart überhand genommen, daß im Jahre 1899 die Heidesträucher an vielen Stellen höher waren als die 20jährigen Forchen. Bodeneinschläge, die im Jahre 1899 Fr. Hoffmann machen ließ, ergaben überall Ortsteinbildungen. Ähnliche Beobachtungen, wie hier am Rosenberg im Murgtal, lassen sich allerorts im Schwarzwald machen.

[1] Der Waldbrand im Freudenstädter Forst i. J. 1800. Von Forstmeister Nagel in Freudenstadt.

[2] Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. 1905. S. 297.

Die gleichen Ursachen, die westlich der Murg zu Ortsteinbildungen führten, haben östlich der Murg die Entstehung der Missen veranlaßt. Angriffspunkte für die klimatischen Einwirkungen waren stark tonige Lagen, oder durch die Oberflächengestaltung bewirkte Wasseransammlungen und Bodenzusammenschlämmungen. Bei der so günstigen Bodenbeschaffenheit des oberen Buntsandsteins bedurfte es jedoch meist menschlicher Eingriffe, welche die Bodentätigkeit zum Stillstand brachten. Auch hier sind wir in der glücklichen Lage, geschichtliche Aufzeichnungen zu besitzen, welche A. Pfister in dem interessanten Aufsatz[1]: „Die Geschichte des Altensteiger Kirchspielwalds" veröffentlichte. Die aus 7 Gemeinden bestehende Kirchspielsgenossenschaft, gegründet ums Jahr 1200, hatte anfänglich unbeschränkte Holz- und Weidenutzungsrechte. Die dadurch bedingte Waldverwüstung und der sich fühlbar machende Schaden führten von seiten des Staates zu immer schärferen Bestimmungen über die Nutzung, bis der letztere im Jahre 1830 die Berechtigungen durch Waldverteilung ablöste.

Über die mutmaßlichen Ursachen der Missebildung hatte man schon früh richtige Ansichten. Als solche gibt Sponeck[2] an: „Schlecht geführte Wirtschaft, vorzüglich zu lichtes Aushauen in Nadelhölzern auf hohen Gebirgen — möchte wohl eine der wichtigsten Ursachen solcher Erscheinungen sein, in Verbindung mit anderen folgenden: Wenn dem Wind der Eingang geöffnet wird, — durch Unterbrechung des nötigen geschlossenen Zustandes der Waldungen. Wenn kein sogen. Mantel beim Abtrieb des Nadelholzes zweckmäßig und auf die Lage nach der Weltgegend und anderen Umständen — passend angebracht und erhalten wird. Wenn in solchen Gegenden die Vermischung des schützenden Laubholzes, vorzüglich an Rotbuchen, Eichen etc. künstlich durch Aushauen verhindert wird. Kurz, wenn der Wald in hoher Gegend nicht in solchem Zustand erhalten wird: daß natürlicher hoffnungsvoller Anflug und Aufschlag möglich ist. — Dann tritt der Fall von obiger schädlicher Folge ein." Weiter hat er die richtige Beobachtung gemacht, „daß je mehr Bäume auf einer solchen Misse sich befinden, desto weniger Wasser vorhanden ist. Da aber, wo kein Holz steht, ist oft und meist der Sumpf am größten." Folgerichtig vergleicht er an anderer Stelle die Bäume

[1] Besondere Beilage des Staatsanzeigers für Württemberg. 1909. No. 1 u. 2.

[2] Über die Beschaffenheit, Entstehung und Kultivierung der Sümpfe (Missen) in Gebirgsforsten etc. Von Herrn Reichsgrafen von Sponeck. Moser's Forst-Archiv. 30. Bd. 1807.

mit natürlichen Pumpmaschinen, die eine zu große Wasseransammlung verhüten. Ähnliche Erfahrungen mögen dem Vertrag von 1560 zugrunde liegen, welcher dem Institut der Viermänner des Kirchspielwaldes vorschreibt[1]: „sie sollen das Holz nicht an einem Ort auszeichnen, daß es eine Platte gibt“.

In vielen Fällen wird die früher im Schwarzwald allgemein übliche Plenterwirtschaft die Ursache der Ortsteinbildung sein. Die Nachteile dieses Wirtschaftsbetriebs hat gleichfalls Sponeck[2] für den Schwarzwald sehr eingehend beschrieben. Für die Ortsteinbildung kommt besonders die Verlichtung und nachteilige Veränderung des Bodens in Betracht. „Die sogen. Femelwirtschaft“, sagt Sponeck[3], „wurde ohne alle guten Grundsätze und ohne Vorsichtsregeln betrieben. Die Sturmwinde rissen ganze Strecken stark ausgelichteter oder nicht gegen die rechte Weltgegend angehauener Wälder nieder.“

Über den Einfluß der Holzarten, sei es in reinen oder gemischten Beständen, ist bis jetzt noch wenig Sicheres bekannt. Nach den genannten Arbeiten von O. Feucht und A. Pfister waren vom Mittelalter ab die Nadelhölzer in den höheren Lagen — 700 m ü. d. M. — vorherrschend, während in den Tälern und südlichen Hängen Mischwaldungen, wie auch reine Buchen- und Eichenwälder sich vorfanden. Irgendein ursächlicher Zusammenhang mit dem Ortstein wird in der Regel nicht nachzuweisen sein, am ehesten noch bei der Forche. Man kann nur allgemein sagen, daß im Schwarzwald die Nadelhölzer die Versaurung des Bodens begünstigen, die Laubhölzer, namentlich Buche und Eiche, einer solchen entgegenwirken. Die Beobachtung lehrt, daß gerade für den Schwarzwald die Buche ein ausgezeichnetes Bodenschutzholz ist. Bodenschutz ist aber die erste Forderung im Kampf gegen den Ortstein. Genau die gleiche Beobachtung hat schon von Sponeck gemacht. In seiner Abhandlung „Über den Zustand und die Bewirtschaftung des Neuenbürger Oberforsts“ äußert er sich folgendermaßen[4]: „Die Ebenen, auch viele mitternächtige Abhänge haben guten Boden, obenauf eine Schicht Dammerde, mehr oder weniger, je nachdem viel oder weniger Laubhölzer, besonders Rotbuchen, darauf stehen, und je nachdem viel Holz darauf

[1] A. Pfister: a. a. O. S. 10.

[2] von Sponeck: Über den Schwarzwald. Heidelberg 1817.

[3] von Sponeck: Über den Zustand und die Bewirtschaftung des Neuenbürger Oberforsts. Moser's Forstarchiv. 30. Bd. 1807. S. 43.

[4] von Sponeck: Über den Zustand und die forstl. Behandlung des Neuenbürger Oberforstes im württ. Schwarzwald. Moser's Forstarchiv. 1807. 30. Bd. S. 19.

verfault ist; unter diesen Schichten — Sand; — und unter diesem meist Letten. Auf den höchsten Gegenden ist der Boden missigt, torfartig — mit weniger Sand gemischt, — im ganzen mager, für eine gute gesunde Vegetation nicht tauglich. Wo das Laub liegen bleiben und verfaulen kann, ist der Holzwuchs bei jeder Lage gut. Man darf den Satz annehmen: daß solange noch Holz (Reisig, Stöcke etc.) auf dem Schwarzwald in den Wäldern verfault, so lang wird eine gute Vegetation — und große Vollkommenheit der Stämme teils Orten statthaben — und wenn dieses aufhört — und z. B. kein Laub und Holz mehr liegen bleibt — so wird ein großer Unterschied sich zeigen.“ Nach Graner[1] beträgt der Anteil der Holzarten im oberen Murggebiet: Tanne 30 %, Fichte 52 %, Kiefer 17 %, Laubholz nur 1 %. Zwischen Fichte und Buche besteht zweifellos ein Mißverhältnis. Unter Fichte versauert der Boden am leichtesten, unter Buchen finden wir meist günstige Bodenbeschaffenheit. Unter Buchen hat man im Schwarzwald noch nie Rohhumusansammlungen, Bleichsand oder Ortsteinbildungen angetroffen, um so öfter aber unter Fichten. A. Sauer[2] schreibt diese günstige Wirkung der Buche dem kalkreichen und vergleichsweise mit der Fichte und Kiefer schnell verwitterndem Laube zu. Nach meiner Ansicht dürfte mehr ins Gewicht fallen die starke Beschattung des Bodens, die meist lückenlose Überdeckung desselben durch das abgefallene Laub und die langsame Zersetzung des letzteren; Umstände, die sehr geeignet sind, Wärme, Feuchtigkeit und Feinerde — die Vorzüge eines guten Mullbodens — dauernd zu erhalten. Interessante Lokalstudien über die Wechselbeziehungen zwischen Ortstein und Forstwirtschaft hat Oberförster Ramm in Calmbach unter dem Titel[3]: „Bestandesverjüngung auf den vielfach zu Rohhumus- und Ortsteinbildung neigenden Böden der Buntsandsteinformation des württ. Enzgebiets“ veröffentlicht.

VII. Alter des Ortsteins.

Mit der Frage nach den Ursachen des Ortsteins ist zugleich die Frage nach dem Alter desselben gegeben. Die Untersuchungen des nordischen Bodens durch Emeis und Müller lassen keinen Zweifel darüber, daß die Ortsteinbildungen Jütlands z. T. uralt sind. Die dortigen Hünengräber enthalten als Baumaterial Heidetorf und Bleich-

[1] Der Schwarzwald von Graner. Forstwiss. Centralblatt 1897.

[2] Jahreshefte d. Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württbg. 1905. S. XI.

[3] Bericht üb. d. 23. Versammlung des Württ. Forstvereins zu Neuenbürg. 1908.

sand. Nach einer Notiz in dem Landwirtschaftlichen Jahrbuch 1908. 27. Bd. Ergänzungsbd. I über den westfälischen Ortstein stehen die Mauern eines römischen Kastells auf solchem. Ob die Bildungen des Schwarzwaldes im Alter an die Jütlands heranreichen, kann mangels bestimmter Anhaltspunkte nicht entschieden werden. Den äußeren Umständen nach zu schließen sind die ältesten, wohl in die vorgeschichtliche Zeit fallenden Vorkommen jene der Kare, Karriegel, der auf den Grinden und an den Nordhängen gelegenen, soweit ihre Ursache eine klimatische ist. Die Bildungen der Ost-, Süd- und Westhänge aber, soweit sie menschlicher Tätigkeit ihren Ursprung verdanken, haben mit dem frühen Mittelalter ihren Anfang genommen und dauern bis heute fort. Zeitabschnitte, die sich durch besonders reichliche Ortsteinbildungen auszeichnen, veranlaßt durch Kahlhiebe und Brände, lassen sich nicht nachweisen. Gewisse Anhaltspunkte geben folgende Tatsachen: Im Granitboden des Hahnenbronn im Schönmünztal sind an einem steilen Südwesthang durch Windwurf mächtige Wurzelstöcke aus dem Boden gehoben, von denen manche Ortsteinbrocken zeigen. Der Bestand mag der I./II. Bonität angehört haben. Jungwuchs und Anflug ist überall vorhanden und gedeiht kräftig. Dazwischen findet sich die Heidelbeere reichlich. Zur Zeit der Bestandesgründung, also vor ca. 100 Jahren, hatte sich die Ortsteinbildung hier sozusagen bereits überlebt. Die Bodenverhältnisse mußten sich wieder wesentlich gebessert haben.

Von Bedeutung ist ein ganz lokales Vorkommen beim Orte Huzenbach[1] im Murgtal. Kommt man aus dem Dobelbachtal gegen Huzenbach, so führt der Weg über einen Gneishügel mit Hofbesiedlung und Wiesenbau. Der Kamm des Hügels trägt ein schmales, langgestrecktes Band von Hochterrassenschotter, in den der Fahrweg sich bis zu 1 m Tiefe eingeschnitten hat. Kurz bevor der Weg den Schotter verläßt und sich in stärkerem Gefäll zu Tale wendet, fällt an der linken Wegböschung die rote Färbung des Untergrundes auf. Beim Nachgraben ergab sich das typische Profil eines Ortsteins, welcher der Struktur nach früher stark verfestigt, jetzt ziemlich mürbe war. Das betreffende Grundstück ist eine wohlgepflegte Wiese unmittelbar neben einem alten Wohnhaus. Die aus den Tälern terrassenartig aufsteigenden, sanft gerundeten Granit- und Gneishügel mit ihren fruchtbaren Böden wurden bei der Besiedlung des Schwarzwaldes stets bevorzugt. Bei Huzenbach erreicht

[1] In der Karte nicht eingetragen.

diese Formation eine besondere Ausdehnung, und aus dem Schenkungsurkundenbuch des Klosters Reichenbach wissen wir, daß letzteres hier schon im 12. Jahrhundert Viehhöfe besaß. So weit zurück können wir die Bildung verlegen. Nach den Jahren von 1755 ab nahm die Besiedlung des oberen Murgtales einen solchen Aufschwung[1], daß der fragliche Boden sicher Kulturland wurde und eine Ortsteinbildung nicht mehr möglich war. Eine zweite Beobachtung von Ortstein unter landwirtschaftlich benütztem Boden, jedoch von nicht mehr so guter Erhaltung machte ich beim Abstieg vom Rinkenkopf nach der Murgbrücke bei Baiersbronn. Zur Lösung der Altersfrage wäre es lohnend, die Terrassen des Murgtales nach weiteren Ortsteinvorkommen abzusuchen.

Einige Anhaltspunkte für das sehr wehselnde Alter der Heideberge und Missen geben uns die Aufzeichnungen C. W. Bühler's[2]. Über die Heideberge berichtet er: „Sie waren früher, wie sich fast überall durch alte Stöcke, Wurzeln und sonstige Bestandesreste nachweisen läßt, bewaldet, und zwar meist mit Eichen. Aber üble Wirtschaft vor alten Zeiten, starkes Abrechen des Laubes, am allermeisten aber außerordentlich starke ungestörte Beweidung mit einer Menge Vieh von allen Gattungen haben diese Berge holzlos gemacht.“

Von den Missen sagt er: „Daß dieses Übel nicht von jeher so war, ja daß es sich sogar in der Alterszeit der noch vorhandenen Stämme gebildet und nach und nach vergrößert hat, dies beweisen nicht nur die jetzt noch kümmerlich vegetierenden Stämme oft von der höchsten Stärke, sondern noch mehr die alten Stöcke, die Zeuge sind von einem vormals vollkommen geschlossenen Bestand.“ Die Ursache der Missebildung schreibt er allzustarkem Lichten zu mit den Folgeerscheinungen des Versauerns und Verdichtens des Bodens. An einer anderen Stelle sagt er[3]: „Seit sich die jetzt lebenden Menschen und ihre Väter denken, sind diese Waldstrecken immer so gewesen, nur daß die Forren immer mehr einbrechen und lichter werden, und daß sich die Vermoorung und Versumpfung immer weiter und allmählich auch in die Abhänge hinunter verbreitet. Höchst wahrscheinlich waren in noch viel älteren Zeiten auf solchen Plateaus ... mehrere Missen, die sich ... immer vergrößert und endlich ganz vereinigt haben. Haben Windstürme ... ganze Bestandesstrecken nieder-

[1] Über die Besiedlung des württbg. Schwarzwaldes, insbesondere des oberen Murgtales von Hartmann. Württbg. Jahrbücher für Statistik u. Landeskunde. 1893.

[2] C. W. Bühler: Die Versumpfung der Wälder. Tübingen 1831.

[3] A. a. O. S. 39.

geworfen, so wurde der jetzige Zustand nur beschleunigt, und wir finden auch in tiefer vermoorten Stellen Überreste eingebrochener Bestandesmassen genug, um diese Idee bewahrheiten zu können." Von den „sämtlich[1] an der Schönmünzach gelegenen Waldungen, vom Wilden See an auf der rechten Seite heraus bis an den Kleinen Hahnberg und links heraus bis an den Leintopf" wird im Jahre 1778 bei Errichtung des Forstetats gesagt, daß „1/3 davon in Heideberg und Misse bestehe", und weiter unten wird von „jeher holzlos gewesenen und auch in Zukunft unbrauchbar bleibenden, zu nassen oder aus Felsen bestehenden Plätzen" gesprochen. SPONECK sagt an anderer Stelle[2]: „In den meisten dieser Plätze findet sich mehr oder weniger ausgebildeter Torf." Man könnte sich heutzutage wundern, daß in den zahlreichen alten Berichten nirgends von Ortstein die Rede ist, obgleich zu damaliger Zeit der Bodenbeschaffenheit große Aufmerksamkeit geschenkt wurde. BÜHLER teilte die Böden in 5 Bonitäten ein und gibt von den beiden letzten Bonitäten folgende Beschreibung[3]: „IV. Klasse: Schlecht; keiner oder ganz wenig versauerter Humus, rauher Sand fast ohne Beimischung, felsigter oder auch bindend-lettiger undurchlassender Grund; schon in geringer Tiefe vorkommend. — V. Klasse: Ganz schlecht; gar keinen oder gänzlich versauerten Humus, mit ganz rauhem Sand ohne bemerkliches Bindemittel, das sich schon abgeschwemmt oder auf das unterliegende Ton- oder unzerklüftete Sandsteinlager niedergeschlagen hat." Auch ein spezielles Bodenprofil der Heideberge beschreibt er[4]: „Der Boden solcher Heideberge besteht aus einer versauerten unbedeutenden Humusschicht von schwarzer Farbe mit Quarzsandkörnern vermischt, darunter Sand mit weniger oder gar keiner bindenden Beimischung, bei einer mehr oder weniger zerklüfteten Sandsteinschichte." Man verkannte demnach völlig seine Natur und rechnete ihn zum Buntsandstein.

Auf Grund der vorstehenden Untersuchungen ist der Schluß berechtigt, daß der größere Teil der Ortstein- und Missebildungen des oberen Murgtales auf die großen Waldverwüstungen zurückzuführen ist, welche im frühen Mittelalter begonnen und im Jahre 1800 mit dem Waldbrand im Freudenstädter Forst ihr Ende gefunden haben, und daß nur ein kleiner Teil als die natürliche Folge klimatischer

[1] NAGEL a. a. O. S. 34.
[2] VON SPONECK in MOSER's Forstarchiv. 30. Bd. S. 119.
[3] C. W. BÜHLER a. a. O. S. 18.
[4] C. W. BÜHLER a. a. O. S. 26.

Einwirkungen sich darstellt. Bei der allgemeinen Kalkarmut der Schwarzwaldböden hat sich die Raubwirtschaft bitter gerächt. Waren ehedem die Laubhölzer durchweg den Nadelhölzern reichlich beigemischt, so schlugen die Wiederanbauversuche nach dem Brande vollständig fehl infolge der Rohhumusbildungen und Versaurung des Bodens. Die ungünstigen Folgen reiner Nadelholzbestände dauern bis heute an. Fichte, Forche und Tanne vermögen der Versaurung des Bodens keinen Einhalt zu tun und die Ortsteinbildung nimmt auch jetzt noch ihren Fortgang. Heute, wo der Ortstein und seine schädlichen Wirkungen auf die Forstwirtschaft erkannt sind, beschäftigen sich Forstleute und Geologen mit der Ortsteinfrage und den verwandten kulturschädlichen Erscheinungen. Die volkswirtschaftliche Bedeutung dieser Fragen wird derjenige ermessen können, der die großen ertragsarmen Flächen im Schwarzwald kennt. Mit Recht dürfen wir den Schwarzwald von allen Ortsteingebieten als das interessanteste bezeichnen, weil er in den Rohhumus-, Ortstein- und Missebildungen die mannigfaltigsten Erscheinungen aufweist und daran eine Reihe historischer Erinnerungen knüpft. Von ihm dürfen wir auch mit Zuversicht die Lösung aller noch offenstehender Fragen erwarten.

Literatur.

Albert, R., Beitrag zur Kenntnis der Ortsteinbildung. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Juni 1910.

Aschan, O.: Die Bedeutung der wasserlöslichen Humusstoffe (Humussole) für die Bildung der See- und Sumpferze. Zeitschr. f. prakt. Geologie. Bd. 15. 1907.

Baumann, A.: Untersuchungen über die Humussäuren. Mitteil. d. K. Bayr. Moorkulturanstalt. Heft 3. 1909.

Biedermann: Ortstein und Raseneisenstein. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Bd. VIII. 1876.

Bühler, A.: Wasservorrat und Wasserbewegung im Waldboden. Ber. über die 23. Vers. des Württemb. Forstvereins in Neuenbürg. 1908.

Bühler, E. C. W.: Die Versumpfung der Wälder etc. mit besonderer Hinsicht auf den Schwarzwald. Tübingen 1831.

Burckhardt, H.: Säen und Pflanzen (Ortsteinkultur S. 296). 4. Aufl. 1870.

Daube, W.: Das naturgemäße Zurückweichen des Waldes in Schleswig-Holstein. Forstl. Blätter. 1881, Januar.

Ebermayer, E.: Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. Berlin 1873.

Emeis: Waldbauliche Forschungen. Berlin 1876.

— — Über das naturgemäße Zurückweichen des Waldes in Schleswig-Holstein. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1881, April.

— — Über Bildung und Kultur des Ortsteins. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1886. August.

— — Zur Aufschließung des Ortsteins durch Entwässerung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1899. Dezember.

Emeis: Über Heidebodenanalysen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1901, August.

— — Über ungünstige Einflüsse von Wind und Freilage auf die Bodenkultur. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1902, Dezember. 1903, Dezember. 1905, November. 1907, Januar.

— — Die Ursachen der Ortsteinbildung und ihr Einfluß auf die Landeskultur Schleswig-Holsteins. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1908, Januar.

— — Außerdem verschiedene Veröffentlichungen in dem Vereinsblatt des Heidekulturvereins für Schleswig-Holstein.

Emmerling: Untersuchung über verschiedene Humusbodenarten und deren Verhalten zu Wasser. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1883, März.

Feucht, O.: Zur Vegetationsgeschichte des nördlichen Schwarzwaldes, insbes. des Kniebisgebietes. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. 63. Bd. 1907.

Früh, J. und C. Schröter: Die Moore der Schweiz. Beiträge z. Geol. d. Schweiz. Berlin 1904.

Geologische Spezialkarte des Königreichs Württemberg im Maßstab 1 : 25 000. Herausgeg. vom K. württemb. Statist. Landesamt.

No. 79. Blatt Simmersfeld mit Erläuterungen von M. Bräuhäuser und A. Schmidt. 1908.

„ 80. Blatt Stammheim „ „ „ A. Schmidt. 1909.

„ 91 u. 104. Blatt Obertal—Kniebis mit Erläuterungen von K. Regelmann. 1907.

„ 92. Blatt Baiersbronn mit Erläuterungen von K. Regelmann. 1908.

„ 93. „ Altensteig „ „ „ M. Schmidt. 1908.

„ 94. „ Nagold „ „ „ „ „ 1909

„ 105. „ Freudenstadt „ „ „ M. Schmidt u. K. Rau 1906.

„ 129. Blatt Schramberg „ „ „ M. Bräuhäuser und A. Sauer. 1909.

Graner, F.: Der Schwarzwald. Forstwiss. Centralbl. 1897.

Hartmann: Über die Besiedlung des württembergischen Schwarzwaldes, insbes. des oberen Murgtales. Württemb. Jahrb. f. Statistik u. Landeskunde. 1893.

Helbig, M.: Ortsteinbildungen im Gebiete des Buntsandsteins. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen. 1903. Heft 5.

— — Über Ortstein im Gebiete des Granits und Zur Entstehung des Ortsteins. Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirtsch. 1909. Heft 1 u. 2.

— — Einwirkung von Kalk auf Tannentrockentorf. Forstwiss. Centralbl. 1910.

Hofmann, Fr.: Bodenbearbeitung und künstliche Düngung in Forchenkrüppelbeständen des württembergischen Schwarzwaldes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1905, September.

König: Über das Absorptionsvermögen humoser Medien. Landw. Jahrb. 11. Bd. 1882.

Kraft: Über Ortsteinkulturen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1891. Heft 12.

Lemke: Über die Ortsteinbildungen in der Provinz Westfalen. Inaug.-Dissert. Münster 1903.

v. Lorenz, N.: Zur Bekämpfung des Ortsteins durch kulturelle Maßregeln. Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen. 1908, Juli.

Mayer, A.: Bleisand und Ortstein. Die landw. Vers.-Stat. 58. Bd. Heft 3 u. 4.

Meyer, L.: Verteilung der mittleren Jahrestemperatur und der Jahresniederschlagssumme von 1906. Deutsch. meteor. Jahrb. f. Württemberg. 1906.

Metzger: Einiges über die Heide in Jütland und deren Aufforstung. Münden. Forstl. Hefte. 1898. Heft 13.

Müller, P. E.: Studien über die natürlichen Humusformen. Berlin 1887.

Nagel: Der Waldbrand im Freudenstädter Forst im Jahre 1800. Ber. über d. 13. Vers. des Württemb. Forstvereins in Freudenstadt. 1894.

Nikikoroff, A.: Zur Frage über die Verwitterung der Gesteine unter Mitwirkung der Humusstoffe. Referat in BIEDERMANN's Centralbl. f. Agrikulturchemie. 1909, November.

Pfister, A.: Die Geschichte des Altensteiger Kirchspielwaldes. Besond. Beilage des Staatsanzeigers f. Württemb. 1909. No. 1 u. 2.

Potonié, H.: Klassifikation und Terminologie der rezenten brennbaren Biolithe und ihrer Lagerstätten. Abhandl. d. K. Preuß. geol. Landesanst. u. Bergakad. Neue Folge. Heft 49. Berlin 1906.

Ramann, E.: Der Ortstein und ähnliche Sekundärbildungen in den Diluvial- und Alluvialsanden. Jahrb. d. K. Preuß. geol. Landesanst. u. Bergakad. Berlin 1885.

— — Über Bildung und Kultur des Ortsteins. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1886.

— — Bodenkunde. 2. Aufl. Berlin 1905.

Ramm: Bestandesverjüngung auf den vielfach zu Rohhumus- und Ortsteinbildung neigenden Böden der Buntsandsteinformation des württembergischen Enzgebietes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1909.

Sauer, A.: Die Bodenverhältnisse des Gebietes zwischen Hausach, Schiltach, Schramberg und Hornberg in land- und forstwirtschaftlicher Hinsicht. Erläuterungen z. geol. Spezialkarte des Großherz. Baden, Blatt Hornberg—Schiltach.

— — Über Ortsteinbildung im württembergischen Schwarzwald. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde. in Württ. 1905.

— — Bodenkunde als Lehrfach. (Eine Erwiderung an RAMANN). Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1909. S. 526.

van Schermbeek, A. J.: Mitteilungen über den Humus. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1903.

— — Erfahrungen über die Ödlandaufforstung im Heidegebiet Nordwestdeutschlands. Notiz z. IV. Hauptvers. d. Deutsch. Forstvereins etc. 1903.

Schubert, J.: Der jährliche Gang der Luft- und Bodentemperatur im Freien und im Walde und der Wärmeaustausch im Boden. Berlin 1900.

Schütze, W.: Die Zusammensetzung des Ortsteins. Zeitschr. f. Forst. u. Jagdwesen. 1874.

Senft: Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen. Leipzig 1862.

Siefert: Siehe Ber. über d. II. Hauptvers. d. Deutsch. Forstvereins zu Regensburg. 1901. S. 170.

v. Sponeck: Über die Entstehung, Beschaffenheit und Kultivierung der Sümpfe oder sogen. Missen in Gebirgsforsten etc. MOSER's Forstarchiv. 30. Bd. 1807.

— — Über den Zustand und die Bewirtschaftung des Neuenbürger Oberforsts. MOSER's Forstarchiv. 30. Bd. 1807.

— — Über den Schwarzwald. Heidelberg 1817.

Tacke: Wachstum auf Ortstein. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1906.

Tancré: Bemerkungen zu dem Artikel: Die Ursachen der Ortsteinbildung etc. von C. EMEIS. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1908, Mai.

— — Ortsteinbildungen in Holstein. Allg. Forst- u. Jagdztg. 1908.

Weber: Über einen alten gutgewachsenen Rotföhrenbestand über hartem und starkem Ortstein. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1905.

Wollny, E.: Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildung mit Rücksicht auf die Bodenkultur. Heidelberg 1897.

Württembergische Jahrbücher für Statistik und Landeskunde. 1905. Heft 2.

v. Zimmermann, K.: Über die Bildung von Ortstein im Gebiet des nordböhmischen Quadersandsteins. Leipa 1904.

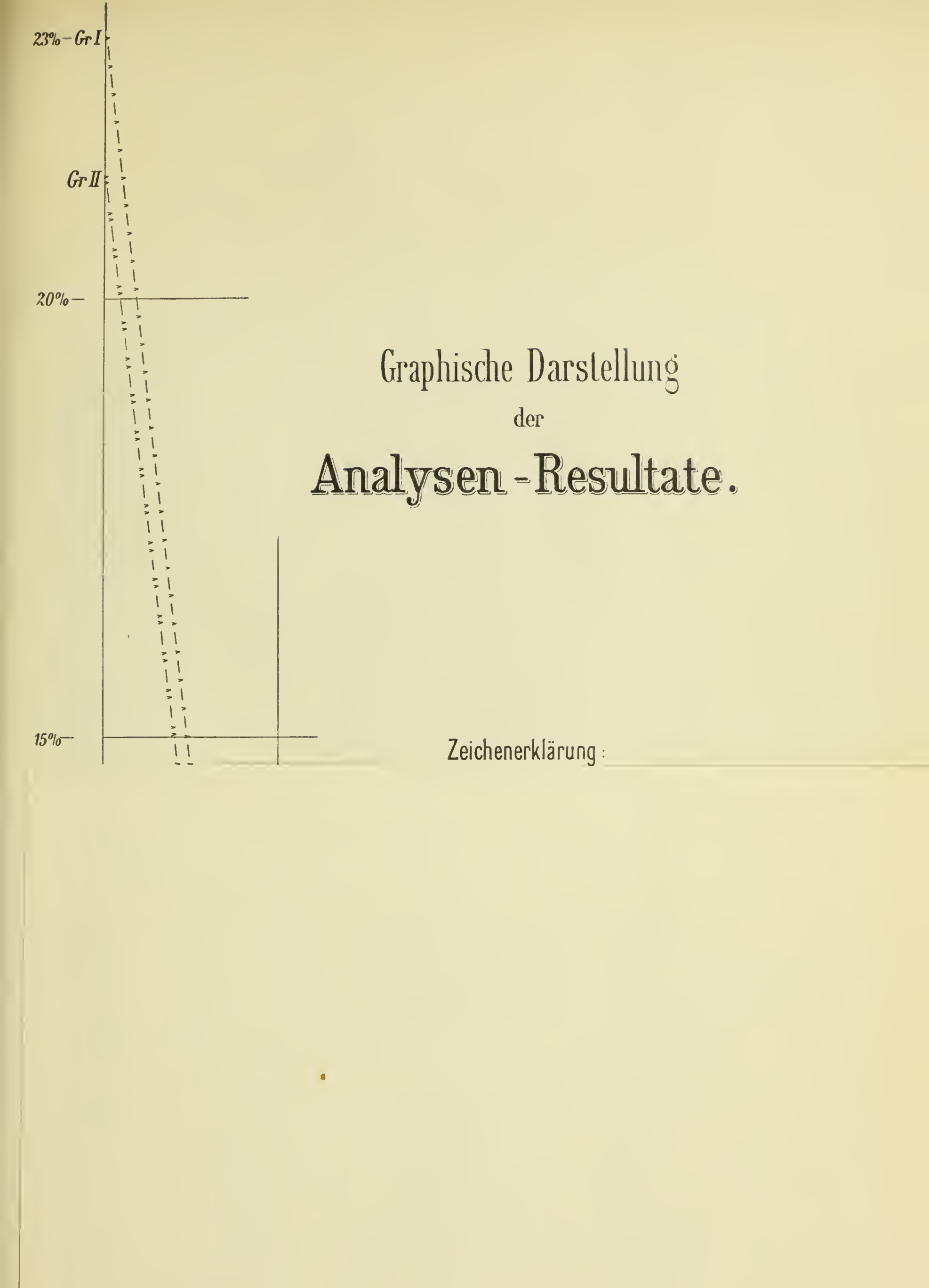
Erklärung der Tafel.

Granitortsteinprofile (vergl. S. 20).

Gr I Hahnenbronn, Schönmünztal (Bl. Obertal—Kniebis).
Gr II Moolbronn, Bl. Baiersbronn, Nordrand.

Buntsandsteinortsteinprofile (vergl. S. 18).

B I Hinterer Heinzelbergkopf (Bl. Freudenstadt).
B II Braunbergle, Rinkenteich (Bl. Baiersbronn).
B III Hummelberg—Schulhalde (Bl. Enzklösterle).



Graphische Darstellung
der
Analysen-Resultate.

Zeichenerklärung:

Graphische Darstellung
der
Analysen-Resultate.

Zeichenerklärung.

Gr I . . . .
Gr II .. ..
B I ° ° ° ° ° ° ° ° ° ° ° °
B II °° °° °° °° °° °°
B III °°° °°° °°° °°° °°°

In Verbindung mit vorstehenden Zeichen treten hinzu für

Bleichsand . . . .
Ortstein — — — — —

23% – Gr I
Gr II
20% –
15% –
B I
10% –
Gr I
B III
Gr II
Gr I
5% – Gr II
B II
B I
B I
B III
B III
B II
B II
0% –

Organische Stoffe + H_2O | SiO_2 | Fe_2O_3 | Al_2O_3 | P_2O_5



Druck von Carl Grüninger, Stuttgart.